



# **DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (3)**

**Brazo extensible para  
utilizar móviles o PDAs en  
silla de ruedas (I): Diseño**

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**LORENZO DE LA CRUZ FAJARDO  
01/02/2011**



---

Título:

Autor:

Director:

### EL TRIBUNAL

Presidente:

---

Vocal:

---

Secretario:

---

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

---

## AGRADECIMIENTOS

Después de todo este tiempo que le he dedicado al proyecto me gustaría dedicárselo a mi familia, ya que sin ellos y sin su apoyo no podría haber llegado hasta aquí, a este momento que al principio se veía tan lejos. Pero ellos siempre han estado ahí para animarme a continuar y a que terminara. Gracias a todos.

En estos agradecimientos no puedo evitar nombrar a Lydia ya que sin ella de apoyo al principio y de ejemplo al final no habría podido terminar. A ella que ha sido mi amiga y compañera desde que comencé la Universidad.

Otra de las personas que no puedo dejar de agradecérselo es a Raquel ya que sin ella de compañera de proyecto no lo habría podido terminar. Porque cuando uno no podía más ahí ha estado el otro para empujar y poder continuar el camino hacia delante.

---

También se lo quiero agradecer a nuestro tutor, Ricardo. Sin él sacar el proyecto adelante habría resultado imposible. Él siempre nos ha escuchado y sabido atender nuestras dudas y cuestiones desde la experiencia.

He de agradecérselo a todas aquellas personas que han pasado por nuestro proyecto aportándonos ideas o posibles soluciones. Tengo que destacar sobre todo a Nicolás el padre de Raquel por su habilidad y paciencia a la hora de ayudarnos con el proyecto. También tengo que nombrar a Edwin y a Marisa ya que mientras ellos hacían sus proyectos nos han aportado ideas de la misma manera que nosotros se las hemos aportado a ellos. Todo esto ha hecho que el proyecto resultase menos complicado.

No puedo dejar de pensar en todas las personas que se han interesado por el proyecto, desde los amigos que mientras yo estaba con el proyecto y ellos estudiaban en la biblioteca me preguntaban y aportaban ideas. Y en todos aquellos que sin preguntar me han escuchado cuando les he contado de que trataba, Gracias.



---

## RESUMEN DEL PROYECTO

Se pretende diseñar un sistema capaz de acoplarse a una silla de ruedas eléctrica. Este sistema situará el teléfono móvil a una distancia cómoda y correcta para el usuario de la silla. Además se han tenido en cuenta las medidas de la silla para que no se ocupe más espacio del que ocupa la misma y que se pueda retirar de una manera cómoda sin necesidad de utilizar un destornillador ni ningún tipo de llave.

Para conseguir el desplazamiento del móvil se ha diseñado un chasis en aluminio en el que se acoplarán dos motores. Uno transmitirá el movimiento para conseguir llevar el móvil desde la parte trasera de la silla a la delantera. El otro motor con los engranajes diseñados y necesarios transmitirá el movimiento al móvil haciendo que se mueva de forma lineal y en paralelo con el reposabrazos.

El control de estos motores se hará mediante la configuración y programación de un micro controlador. El micro controlador recibirá las instrucciones que el usuario quiera ejecutar desde el cuadro de control. Desde este cuadro de control el usuario podrá controlar si quiere desplegar el dispositivo, recogerlo o detener la maniobra. El micro controlador enviará la señal por el pin correspondiente al controlador de los motores.

El controlador de los motores es un puente H que proporciona la potencia necesaria a los motores.

Para alimentar los motores y los controladores, se toma la alimentación de la batería de la silla. Las baterías de la silla proporcionan 40Ah y 12 V de tensión. Se ha tomado la alimentación directamente de los terminales de una de las baterías que tiene la silla.

El microcontrolador está alimentado a 3,3 V, y el puente H está alimentado a 3,3 V y a 10V. Para poder conseguir estas dos tensiones se han diseñado dos reguladores de tensión variable. Se implementan en la entrada de la placa, para después alimentar a los componentes con la tensión que necesitan.

**Palabras clave:** Brazo electromecánico, motores DC, sensorización, ayuda técnica, discapacidad.



---

## ABSTRACT

This project aims to design a system to be able to mate to an electric wheelchair. This system will accommodate a mobile phone at a comfortable and correct distance for the user of the chair. For the design of this system were taken into account the measures of the chair so as not to occupy more space than the chair. At the same time, it can be removed comfortably and without using screwdriver or any type of key.

To get the mobile's displacement has been designed an aluminum chassis which incorporates two engines. One transmits the movement to bring the mobile from the back of the chair to the front. The other engine with the necessary gears, transmits motion to the mobile, making a move in a linear and parallel to the armrest.

The control of these engines will be done by configuring and programming a microcontroller. The micro controller will receive the instructions that the user wants to run from the control panel. From this control panel the user can control whether you want to deploy the device, pick it up or stop the operation. The micro controller sends the signal through driver's pin of the engines.

The engine's controller is an H-bridge that provides the necessary power to the engines.

To power the motors and drivers, is taken the battery power of the wheelchair. The chair's batteries provide 4Ah and 12V. Feeding is taken directly from the terminals of a battery that has the wheelchair.

The microcontroller is powered to 3.3 V, and H-bridge is powered to 3.3 V and 10V. To get these two voltages, it has designed two variable voltage regulators. They are implemented at the entrance of the plate, to feed the components with their necessary voltage.

**Keywords:** electromechanical arm, DC motors, sensorization, technical aid, disabilities

# ÍNDICE

---

## Capítulo 1. Introducción y objetivos..... 8

1.1.	Planteamiento del problema .....	9
1.1.1.	Antecedentes: El Hospital San Rafael .....	9
1.1.2.	El problema de Clara: necesidades específicas.....	13
1.1.3.	Revisión del estado del arte: ¿Qué existe en el mercado? .....	14
1.2	Objetivos .....	25

## Capítulo 2. Descripción general del sistema ..... 28

2.1.	Descripción del sistema.....	29
2.2.	Sistema mecánico .....	30
2.3.	Driver .....	31
2.4.	Cuadro de Control .....	31
2.5.	Sensorización.....	32
2.6.	Alimentación .....	32

## Capítulo 3. Diseño del sistema mecánico ..... 33

3.1.	Soporte.....	34
3.2.	Estructura.....	36



3.3. Motores y engranajes .....	43
<b>Capítulo 4. Driver.....</b>	<b>58</b>
4.1. Diseño hardware.....	59
4.1.1. Microcontrolador. ....	59
4.1.2. Placa de desarrollo.....	61
4.2. Diseño software .....	78
<b>Capítulo 5. Controles .....</b>	<b>90</b>
5.1. Características generales.....	91
5.2. Diseño físico .....	92
5.3. Diseño hardware.....	92
5.4. Acoplamiento en la silla.....	93
<b>Capítulo 6. Sensorización.....</b>	<b>95</b>
6.1. Características generales.....	96
6.2. Diseño físico .....	96
6.3. Diseño hardware.....	97
6.4. Acoplamiento a la estructura .....	97
<b>Capítulo 7. Alimentación.....</b>	<b>99</b>
7.1. Características generales.....	100



7.1.1. Protecciones.....	100
7.1.2. Reguladores de tensión.....	101
7.3. Conexión a la alimentación de la silla .....	101
 <b>Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros .....</b>	<b>103</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>106</b>
 <b>ANEXO I. Pliego de condiciones.....</b>	<b>108</b>
 <b>ANEXO II. Presupuesto .....</b>	<b>111</b>
 <b>ANEXO III. Código Fuente y configuración de los registros .....</b>	<b>115</b>
 <b>ANEXO I. Planos.....</b>	<b>137</b>
Planos y esquemas electrónicos.....	138
Planos de las piezas necesarias.....	143





## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Hospital San Rafael a principios del s.XX .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Unidad de resonancia magnética. ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Alumnos del CEE Hospital de San Rafael.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Una silla de ruedas robótica. Javier Mínguez.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura. 6. DORA Door Opening Robot Arm.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7. Robot incorporado en silla de ruedas para manipulación.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Prototipo de la silla HLPR .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. Robot para ayuda a niños.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10. Brazo RAPUDA. ....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11. Diagrama de bloques del sistema completo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Anclaje del dispositivo a la silla Tipo 1.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13. Anclaje del dispositivo a la silla Tipo 2.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14. Anclaje del dispositivo a la silla de ruedas.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15. Situación del hueco disponible.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16. Diseño de la pieza C en tres dimensiones con SolidEdge.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 17. Situación de las piezas y los motores.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 18. Situación de las tres piezas principales en la silla. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 19. Sujeción para el móvil acoplada al dispositivo. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 20. Mecanismo de cremallera.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 21. Medidas pieza A.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 22. Medidas cremallera.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23. Representación diagrama de fuerzas.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 24. Engranaje oblicuo.....</i>	<i>48</i>



Figura 25. Representación de los radios del engranaje cónico.....	48
Figura 26. Imagen del motor 1 acoplado en la pieza B.....	49
Figura 27. Croquis del movimiento de las piezas A y B y de la situación del motor 2. ....	52
Figura 28. Representación del momento que se ejerce en el punto B.....	54
Figura 29. Representación de las fuerzas y distancias que hay del centro de gravedad G al punto B. ....	55
Figura 30. Motor 2.....	56
Figura 31. Engranaje cónico de acero.....	57
Figura 32. Microcontrolador 8051F330.....	60
Figura 33. Diseño de plano jerárquico general.....	63
Figura 34. Circuito antirrebote Avance. ....	67
Figura 35. Circuito regulador de tensión. ....	68
Figura 36. Encapsulado del MPC17531AEV.....	69
Figura 37. Diagrama de bloques interno. ....	70
Figura 38. Esquema del sistema en el que se integra el MPC17531.....	71
Figura 39. Esquema electrónico de la etapa de potencia y controlador.....	72
Figura 40. Ejemplo de huella.....	73
Figura 41. Huella de MPC17531AEV.....	73
Figura 42. Imagen de la placa para el MPC17531AEV.....	73
Figura 43. Placa primitiva.....	74
Figura 44. Pistas rutadas. Verdes en Top y Rojas en Bottom. ....	75
Figura 45. Cara TOP. ....	76
Figura 46. Cara Bottom.....	76
Figura 47. Cara Bottom con plano de masa. ....	77
Figura 48. Imagen del entorno de trabajo Silicon Laboratories IDE. ....	78
Figura 49. Diagrama de estados.....	79
Figura 50. Diagrama de bloques de la función Main. ....	80
Figura 51. Diagrama de bloques de la función PWM.....	82



<i>Figura 52. Diagrama de bloques de la función PWM.</i>	83
<i>Figura 53. Diagrama de bloques de la función PWM.</i>	84
<i>Figura 54. Situación del mando para controlar el dispositivo en la silla.</i>	91
<i>Figura 55. Pulsador integrado en los controles para activar el movimiento.</i>	93
<i>Figura 56. Interruptor integrado en los controles para encender el dispositivo.</i>	93
<i>Figura 57. Situación del mando de control en el mando de la silla.</i>	94
<i>Figura 58. Sensor de posición seleccionado.</i>	96
<i>Figura 59. Sensores con el brazo en vertical y formando 90°.</i>	97
<i>Figura 60. Sensores para detectar si está recogido o desplegado.</i>	98
<i>Figura 61. Fusibles.</i>	100
<i>Figura 62. Conexión a la batería.</i>	102
<i>Figura 63. Byte del registro OSCICN.</i>	122
<i>Figura 64. Byte del registro CLKSEL.</i>	123
<i>Figura 65. Byte del registro P1MDOUT.</i>	125
<i>Figura 66. Byte del registro XBR1.</i>	125
<i>Figura 67. Byte del registro REF0CN.</i>	127
<i>Figura 68. Byte del registro IE.</i>	129
<i>Figura 69. Byte del registro TCON.</i>	130
<i>Figura 70. Byte del registro IP.</i>	132
<i>Figura 71. Byte del registro IT01CF.</i>	134



## ÍNDICE DE TABLAS

---

<i>Tabla 1. Especificaciones del fabricante del motor 1 seleccionado.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 2. Descripción de los conectores del circuito.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 3. Configuración final de las entradas.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 4. Configuración final de las salidas.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 5. Asignación de valores a cada fusible. ....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 6. Selección del pin para /INT1.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 7. Selección del pin para /INT0.....</i>	<i>135</i>





## Capítulo 1. Introducción y objetivos

---

## 1.1. Planteamiento del problema

### 1.1.1. Antecedentes: El Hospital San Rafael

Para situar el marco en el que se encuadra el proyecto es importante hablar primero del lugar en el que se va a trabajar y para quién. Por ello es conveniente hacer un repaso de la historia del Hospital de San Rafael.

La historia del hospital se remonta al año 1552, año en que el Hermano Antón Martín, primer compañero de San Juan de Dios fundó el antiguo Hospital de Nuestra Señora de Amor de Dios en la calle Atocha. Aunque el actual hospital se fundó en 1892 en Pinto como asilo de niños raquíuticos y escrofulosos pobres, con capacidad para 25 niños.

Más tarde en 1900 se traslada a la calle Alcalá dónde se abren consultas externas gratuitas alcanzando gran nombre en toda la capital, quince años después de su fundación en Pinto llegaron a atenderse 1570 niños enfermos. La financiación del asilo procedía de los donativos que los madrileños daban a los Hermanos.

A medida que aumentaba el número de niños atendidos sus instalaciones resultaron insuficientes. Gracias a Doña Dolores Romero se fundó un nuevo hospital en los terrenos Altos del Hipódromo, carretera de Chamartín. En 1914 el hospital fue terminado y como estaba proyectado el hospital contó con 120 camas para atender a niños con tumores blancos, mal de Pott, raquitismos y parálisis infantil



*Figura 1. Hospital San Rafael a principios del s.XX*

En 1915 se declaró al Asilo como Establecimiento de beneficencia Particular.



Se aplicaron tratamientos a base de Helioterapia. Fue una técnica novedosa y sus conclusiones, indicaciones contraindicaciones, etc. Fueron recogidas en la que constituyó la primera documentación que se aportó a diversos congresos nacionales e internacionales.

Sobre el año 1923 el Asilo se consolidó como sanatorio ortopédico. Potenciándose los distintos servicios existentes, especialmente los de hospitalización, laboratorio, radiología y un taller ortopédico. Con el paso de los años el hospital en 1926 cuenta con 200 camas y en 1934 con 250.

Durante la Guerra Civil el hospital es incautado por la Junta de Beneficiencia y Asistencia Social, pasando de cárcel de mujeres a Hospital 21. En Octubre de 1939 vuelve a ser un Asilo de niños.

Durante los años 40 y 50 el hospital incorpora nuevas especialidades e inaugura la Escuela de Ayudantes Técnicos Sanitarios. .

En 1969 se inaugura el nuevo edificio (actual) renovando la configuración asistencial acorde con los tiempos y llamándose Hospital Infantil San Rafael.

En los años 70 destaca la apertura de la asistencia a niños de ambos sexos y se comienzan los conciertos con el sistema Nacional de Salud. Con las reformas de la Sanidad en los años 80 el Hospital consigue ofertar nuevos servicios y deja de tener validez el límite de edad.



*Figura 2. Unidad de resonancia magnética.*

En los años 90 el Hospital avanza incorporando nueva tecnología y mejorando la capacidad y calidad de su personal. Con todo esto en la última década consigue la obtención del Sello de Calidad Europea, a través del modelo EFQM, certificado por Lloyd's register Quality assurance por concesión del Club de gestión de Calidad (2004).[1]



En los terrenos del Hospital se encuentra también el Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael.

El proyecto surge porque el Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas de la Universidad Carlos III de Madrid contactó con el citado colegio con el fin de colaborar en la realización de proyectos fin de carrera de los alumnos de la Escuela Politécnica Superior, cuyos resultados pueden usarse directamente en el funcionamiento diario del colegio, y personalmente por los alumnos del mismo.

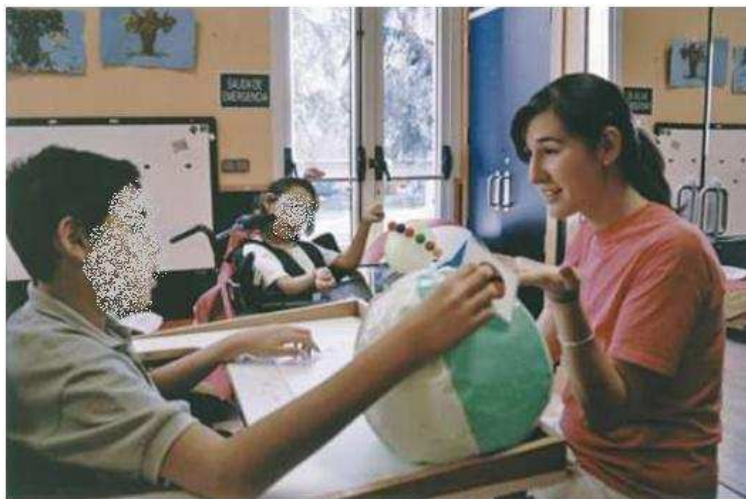
El Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael, es un colegio concertado que atiende alumnos con serias dificultades motoras y cognitivas. En él se da un tratamiento integral que abarca aspectos pedagógicos, motrices, de comunicación, salud, alimentación, aseo e higiene.

El centro está organizado de la siguiente manera: Educación Infantil (3-6 años), Educación Básica Obligatoria EBO (alumnos entre 6 y 16 años) y Programa de Transición a la Vida Adulta PTVA (alumnos en edades comprendidas entre 16 y 21 años).



*Figura 3. Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael.*

Tradicionalmente un alto porcentaje de los alumnos matriculados padecían parálisis cerebral, pero en la actualidad se solicita plaza en el centro para niños afectados tanto de “Enfermedades Raras” como de síndromes degenerativos.



*Figura 4. Alumnos del CEE Hospital de San Rafael.*

A pesar de sus diferentes grados de discapacidad motriz, cada uno de los niños demuestra una gran valentía para sobrellevar el día a día. En esta tarea también intervienen sus tutores en el hospital, quienes buscan la manera de facilitarles las tareas diarias como el comer, cepillarse los dientes o simplemente el desplazarse por uno mismo de un sitio a otro.

Lo que ha motivado el presente proyecto ha sido el poder alcanzar el teléfono móvil, libro u otro objeto sin que tengan que depender de otra persona.

Con el desarrollo de este trabajo se espera poder ayudarles a que su vida sea un poco más sencilla.



### **1.1.2. El problema de Clara: necesidades específicas.**

Clara es la persona que va a utilizar el dispositivo diseñado. Sin embargo, con una serie de modificaciones puede adaptarse a cualquier persona que se encuentre en una situación similar, ya que las necesidades que Clara puede tener para utilizar el dispositivo son las que afectan a cualquier persona con movilidad reducida.

El problema particular de Clara es que sufre una parálisis cerebral, no se trata de una enfermedad con etiología, anatomía patológica y síndrome unitario, sino una serie de síndromes o estados patológicos de causa dispar (heredosífilis, asfixias neonatorum, prematuridad, meningocefalitis toxiinfecciosas, etc), con lesiones anatómicas distintas y variadas. En consecuencia, se presentan síndromes muy distintos cuyos únicos rasgos comunes son su aparición congénita o durante los primeros meses de vida extrauterina, su carácter crónico y escasa tendencia a la mejoría progresiva. [2]

Las modificaciones anatómicas que se dan en el cerebro, pronto se reflejan por parálisis espásticas de ambos brazo o piernas, rigidez extrapiramidal o motilidad o coreoatetósica, etc.

Como se puede apreciar, bajo la denominación de parálisis cerebral hay distintas enfermedades, con distintos síndromes y distintas manifestaciones. Por ello cada persona afectada con parálisis cerebral se encuentra dentro de un marco concreto pero en el que los síntomas varían. Con todo esto, sabemos que el proyecto que se ha desarrollado puede que no sirva a todas las personas con parálisis cerebral. Pero si que nos hemos ajustado a un desarrollo para todos, intentando que aunque no se tenga esa enfermedad si pueda ser utilizado por personas que tengan las mismas necesidades que Clara.

Las dos necesidades existentes y que se pretenden solucionar de alguna manera eran: tener accesibilidad al teléfono móvil siempre que lo quisiera utilizar aun con su problema de movilidad; y la de la comunicación con su entorno: aunque es capaz de hablar, le resulta muy difícil alzar la voz de forma que pueda ser entendida en un entorno ruidoso.

La primera necesidad que tenía Clara era poder utilizar su dispositivo de telefonía móvil sin tener que depender de un adulto que se lo colocara en un lugar adecuado para que pudiese usarlo o que lo retirase cuando ya no lo necesitara. Además, una vez que se lo daban, su problema consistía en poder colocárselo ella



misma para poder usarlo sola, añadiendo que éste se encontrara en una situación cómoda para su vista.

La segunda necesidad es la de poder comunicarse con su entorno. Clara tiene problemas con el habla, en concreto, disartria. Es decir, tiene un trastorno del habla atribuido a una lesión del sistema nervioso central y periférico. Se distingue de una afasia motora en que no es un trastorno del lenguaje, sino del habla; ella manifiesta dificultades asociadas a la articulación de fonemas. Entre los síntomas destacan:

- Emisiones más automáticas.
- Contexto conversacional.
- Voz forzada, disfónica.
- Respiración irregular y poco coordinada.
- Articulación defectuosa.
- Ritmo lento.
- Tono y volumen del habla bajos.

Con todo esto, surgía la necesidad de poder ser entendida y escuchada en ambientes ruidosos o con personas que no estuvieran acostumbradas a oírla, porque con los síntomas descritos anteriormente, en ocasiones, resultaba complicado.

En resumen, las necesidades de Clara que motivaban el proyecto eran la utilización de su dispositivo de telefonía móvil con independencia de otra persona y la capacidad de comunicarse mejor con su entorno. El sistema que se ha diseñado en este Proyecto y que se desarrollará en el de Raquel servirá para ayudarla en ambos aspectos.

### **1.1.3. Revisión del estado del arte: ¿Qué existe en el mercado?**

En el caso del presente proyecto hay que decir que tiene un aspecto de robótica bastante importante. Teniendo esto en cuenta hay que decir que la robótica se ha utilizado en muchas ocasiones para ayudar a personas discapacitadas o con movilidad reducida.



Desde los inicios de la robótica han existido grandes cambios que han hecho que no sólo se aplique en los campos para los que comenzó, aplicaciones industriales y automatización de procesos. Estos robots iniciales a menudo con forma de brazo, constituyen y sirven como espejo para nuevas ayudas técnicas a personas discapacitadas.

Las primeras ayudas técnicas para discapacidades datan de los años 70, con construcciones de elementos prostéticos y ortéticos (brazos, piernas y manos). En estos dispositivos el control está basado en las propias señales mioeléctricas del usuario, o en elementos auxiliares adaptados a las discapacidades remanentes de interacción del mismo usuario con el sistema. [3]

Actualmente, los equipos robóticos que se desarrollan, pueden ser desde un brazo mecánico convencional hasta elementos de medida, como sensores que miden fuerza o visualizan la información de un modo más claro que como lo hace una cámara de televisión convencional. Muchos factores contribuyen a expandir la necesidad de la asistencia a las personas, tales como el envejecimiento de la población y las expectativas sociales de adecuar la medicina a la gente invalidada.

Las necesidades de los usuarios y la imposibilidad de construir un robot que sustituya totalmente la mayoría de limitaciones físicas del usuario, ha llevado a desarrollar distintos tipos de sistemas robotizados diseñados según su finalidad concreta. Así pues, existen robots de diferentes tipos [4]:

- robots especializados en una aplicación concreta, como dar de comer
- robots montados sobre sillas de ruedas
- robots de base fija, instalados junto al usuario
- robots con base móvil

Estudiando lo que ya había en el mercado, dentro los tipos de robots montados sobre sillas de ruedas, se han encontrado proyectos similares. Sin embargo, ninguno de ellos cumplía las necesidades que Clara tiene. Ya que cada persona tiene unas discapacidades concretas, el objetivo era adaptarse de la mejor manera posible a las que Clara tiene, siempre sin olvidarse de que fuese adaptable para otras personas con otras necesidades o problemas.

Un ejemplo que se ha encontrado ha sido el que se menciona en el artículo del ABC del 26/09/2007 *“Presentan una silla de ruedas con brazo que permite dar de*

comer a personas discapacitadas. Los “robots asistenciales” toman el congreso de jóvenes investigadores celebrado en Benicassim” [5].

Y el artículo continua con: “El congreso sobre robótica asistencial, que se celebra del 24 al 28 de septiembre en Benicàssim, acogió ayer una demostración de un prototipo real de silla de ruedas que permite automatizar diversas funciones a través de un brazo articulado, como dar de comer al usuario. Esta silla, diseñada por el investigador de la Universidad Carlos III de Madrid Carlos Balaguer, se adapta a cada persona dependiendo de su tipo o su grado de discapacidad gracias a un interfaz que permite controlar los movimientos de la silla a través de la voz, mediante una palanca o con un panel táctil. La silla de ruedas, que ya ha sido utilizada en el Hospital de Paraplégicos de Toledo, se presentó en el Internacional Robotics School on Assistive Robots, IURS 2007, un congreso orientado a la formación de jóvenes investigadores que están haciendo sus tesis doctorales en los mejores laboratorios europeos y también de otros países, como Corea del Sur, Estados Unidos o Japón.

En el artículo de El Mundo de 26/05/2009 se observa la evolución que está existiendo para poder ayudar a la gente con discapacidad mediante el desarrollo de la tecnología que está a nuestro alcance:

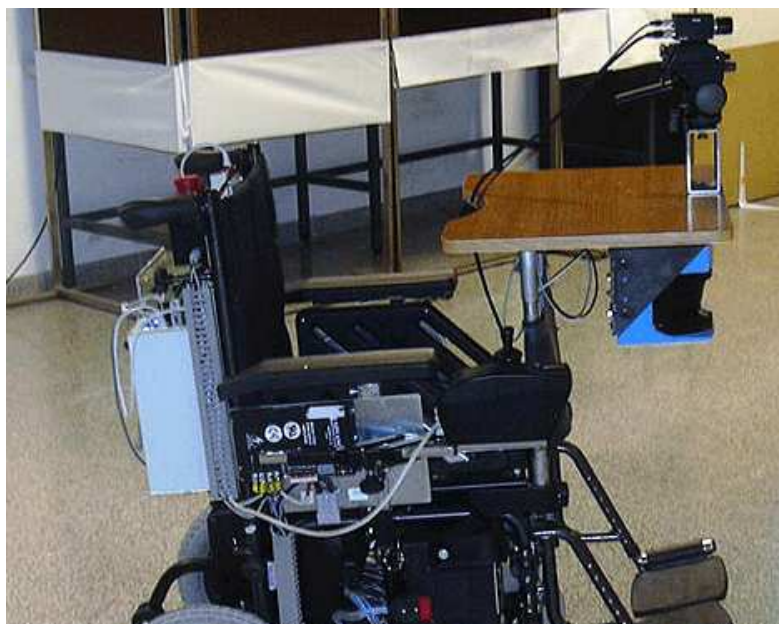


Figura 5. Una silla de ruedas robótica. Javier Mínguez



*El auditorio de Oviedo acoge las 'Jornadas sobre nuevas tecnologías y discapacidad', en las que se pretende dar un impulso a la robótica asistencial, con el propósito de favorecer la autonomía de los discapacitados y de la tercera edad.*

*El director del Laboratorio de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid, Carlos Balaguer afirmó que esta evolución supone avanzar un escalón tecnológico y "pasar de la domótica tradicional en las casas, hospitales y oficinas donde nada se mueve, a introducir los nuevos electrodomésticos robotizados que puedan atender a las personas con discapacidad".*

*Antes de exponer su ponencia 'Robots en apoyo de la discapacidad' Balaguer apuntó que, en función del nivel de discapacidad de los pacientes, se desarrollan distintos tipos de interacción, tanto hablados como táctiles, o cerebrales, que incluso 'pueden permitir andar a una persona discapacitada a través de impulsos cerebrales'...*

Otro de los instrumentos que se han desarrollado ha sido el brazo mecánico para abrir puertas desde la silla de ruedas, DORA. Ha sido pensado por estudiantes de la Universidad de Massachusetts y han desarrollado el brazo específicamente para la función de abrir puertas. El miembro robótico está integrado en la silla de ruedas y para su funcionamiento utiliza elementos mecánicos sencillos y un motor eléctrico convencional. El costo de este sistema es de 2.000 dólares. Es muy efectivo ya que puede manipular hasta 14 tipos de pomos distintos, con tasas de éxito del 85% para las puertas que se abren hacia fuera, y un 65% si hay que tirar de ellas.



*Figura. 6. DORA Door Opening Robot Arm*

Supuestamente, estas cifras pueden mejorarse con un mayor número de sensores y actuadores que le ayuden a calcular mejor la fuerza a aplicar y el ángulo de la misma,



pero ya en su estado actual, el proyecto ha sido calificado de “muy impresionante” por un consultor especializado. Esta información ha sido tomada del artículo escrito el 28 de Noviembre de 2009, [6].

Además de los artículos citados, a continuación, se incluyen diversas ayudas técnicas, que se han utilizado y se están utilizando en cuanto a robots montados sobre sillas de ruedas.

**- Robot incorporado en silla de ruedas para manipulación de objetos, presentado en la European Conference on Medical Robotics, Barcelona, año 1994:**

La posibilidad de montar el robot sobre la propia silla de ruedas confiere al usuario la capacidad de manipular los objetos de su entorno, además de desplazarse libremente en él. Como robot de este tipo, Manus ha conseguido un cierto liderazgo en Europa.

Construido en el centro de investigación TNO de Holanda, este robot ha sido diseñado para poder manipular los objetos dentro de su área de trabajo, controlado por un dispositivo de entrada, normalmente un joystick, accionado por el usuario mediante los limitados movimientos residuales de su mano. El joystick, junto a un pequeño teclado de selección de opciones, es el dispositivo utilizado también para el guiado de la silla.

Los requisitos de diseño mecánico son, por una parte, su compactibilidad (el robot es plegable para no dificultar la movilidad del usuario mientras no lo usa) y, por otra, su alcance. Su estructura con la base cilíndrica y telescópica le permita alcanzar objetos del suelo, además de realizar diferentes tipos de manipulación en su entorno. Manus es también un producto comercial y entre sus usuarios se ha demostrado su utilidad tanto para operar en un entorno laboral como doméstico para el cuidado personal [7].





*Figura 7. Robot incorporado en silla de ruedas para manipulación*

**- Silla de ruedas robótica que permite mayor independencia al usuario, año 2006:**

La silla con el nombre HLPB, ha sido desarrollada por el NIST (National Institute of Standards and Technology), basándose en la tecnología de robots móviles desarrollada en el NIST para otras aplicaciones. Está construida a partir de una carretilla elevadora con una base en forma de U sobre ruedas pequeñas y un armazón rectangular vertical. Es lo bastante estrecha como para poder pasar por el umbral de las puertas y para adentrarse en un cuarto de baño típico. El usuario conduce la silla empleando un joystick y otros controles muy simples.

Los motores, las baterías y otros elementos están colocados de manera que se garantice un centro de gravedad que permita que una persona de hasta 130 kilogramos pueda girar hacia fuera del marco interno de la silla, hasta un inodoro, un sillón, o una cama, mientras es sostenida por los elevadores del torso. Los elevadores del torso hacen que el paciente descienda sano y salvo a su nueva posición. Incluso, de ser necesario, el marco de la silla puede permanecer en la misma posición para continuar sosteniendo al usuario y evitar una posible caída en cualquier dirección.

Este prototipo de la silla HLPB permite que quienes realizan ejercicios de rehabilitación física después de haber sufrido un derrame cerebral u otras lesiones análogas mantengan sus piernas activas sin tener que sostener todo el peso de su cuerpo. Soporte para los pies, asiento reclinable, elevadores de torso acolchados para sujetar al usuario por las axilas (y que al elevarse actúan como muletas) y una

estructura en la parte inferior de la silla, son elementos que facilitan los ejercicios con las piernas. Cuando el paciente se levanta apoyado por los elevadores del torso, puede caminar mientras la silla HLPR se desplaza hacia delante lentamente. La velocidad máxima actual es de 70 centímetros por segundo.



*Figura 8. Prototipo de la silla HLPR*

Los ingenieros del NIST piensan mejorar el diseño de la silla HLPR con el fin de que, entre otras cosas, maniobre de forma autónoma para depositar al usuario en los inodoros, y también para hacerla activable mediante voz, permitiendo así al paciente llamar a la silla desde otra habitación [8].

#### **- Silla de ruedas controlada por voz, año 2006:**

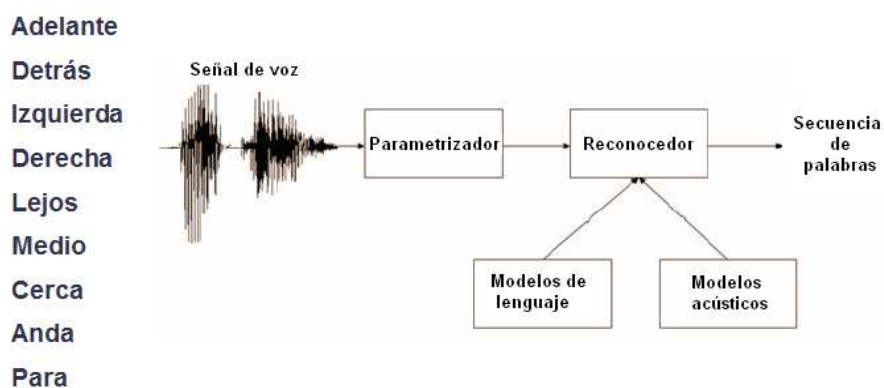
Uno de los avances en robótica aplicada a discapacitados es disponer una silla de rueda con una serie de elementos como son sensores para medir y observar el entorno junto con una serie de micro procesadores que procesen la señal de entrada. La idea es que el usuario introduzca la dirección hacia donde quiere ir mediante la voz. Entonces será la silla con esas órdenes la que lo dirija hacia donde él quiere ir.

Esto supone una gran ventaja para personas con severas discapacidades motrices, especialmente en lugares o entornos en los que resulta difícil manejar la silla.

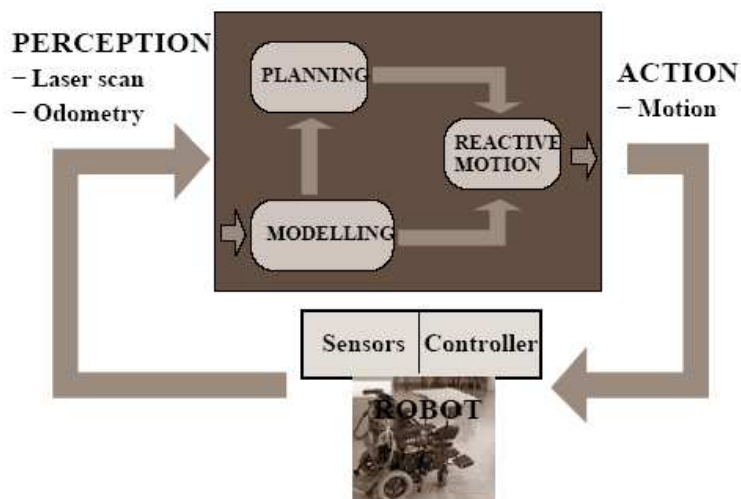
Una gran parte de la inteligencia artificial que se aplica en la ayuda a discapacitados está orientada al desarrollo de sillas de ruedas. Ya que las personas discapacitadas pasan gran parte de su vida en ellas. Esto supone una mejora en la calidad de vida ya que se amplía el rango de movilidad y manipulación de las personas que tienen problemas motrices.

Existen una serie de factores clave que determinan como la robótica sirve de ayuda a personas discapacitadas:

- Silla robótica. Se trata de una silla convencional pero que está equipada con sistemas informáticos y sensores, que captan el entorno en el que se encuentra la silla. Dicha información es captada y procesada por los procesadores que se acoplan a la silla. Estos procesadores envían la información a los actuadores que correspondan.
- Interfaz hombre-máquina. Serán los elementos que permiten la comunicación. En el caso de este ejemplo es unidireccional, ya que la persona emite las órdenes. Si en el caso del presente proyecto habría que adaptarse a los problemas de dicción de Clara o de cualquier persona con problemas en el habla similares.



- Inteligencia contenida de guiado autónomo. Estos son reflejados en sistemas que generan el movimiento de un vehículo entre localizaciones mientras se evitan posibles colisiones en el recorrido. [9]



**- Robot para ayuda a niños en sillas de ruedas, año 2010:**

En Estados Unidos se ha creado un robot que ayuda a los pequeños a usar su silla de rueda respetando el ritmo que cada uno tiene para este aprendizaje. Mediante la fabricación de este robot se busca mejorar la accesibilidad de sillas de ruedas para niños con capacidades diferentes. Hasta la actualidad, el aprendizaje de una silla de ruedas eléctrica requería la colaboración de un entrenador por mucho tiempo, por lo que era inaccesible para muchos pequeños que no contaban con los medios económicos necesarios.

Esta silla fue probada en la Universidad de California por niños sin discapacidad y por niños con parálisis cerebral. El método consta de un sistema de seguridad para las habilidades de conducción con una mínima asistencia.

El robot, llamado ROLY, se sitúa delante de la silla de ruedas y se dirige a lo largo de un trayecto que es marcado en una línea en el suelo y se usa para decidir qué grado de control tendrá el pequeño en la palanca de mando. Es como si tuvieran a un ayudante terapéutico sosteniéndole la mano y poco a poco le fueran dejando el control al pequeño, para que pueda dirigir su silla de ruedas en la dirección correcta.

El robot tiene el aspecto de un juguete, lo cual no inhibe ni asusta a los pequeños, además hacen movimientos al ritmo de una canción lo que hace esta difícil tarea aún más amena. Con un joystick inteligente los jóvenes discapacitados aprenden a seguirlo y van desarrollando las habilidades de conducción que van a necesitar en el día a día [10].



*Figura 9. Robot para ayuda a niños.*

Otras de las conclusiones, fue que la orientación táctil es capaz de ayudar a los niños con parálisis cerebral en la orientación táctil de su silla. Ver a un niño con capacidad diferente, poderse desplazar mediante el medio que tiene a su alcance es muy importante, ya que esto le dará una independencia que lo hará sentir mejor en diferentes aspectos de la vida.

**- Robot incorporado en silla de ruedas para diferentes operaciones**

Inventaid es otro prototipo de robot montado en la silla y activado neumáticamente. Está concebido para manipular objetos y durante el desplazamiento del usuario con su silla realizar otras operaciones como abrir puertas.

**- Robot para personas con discapacidad, similar al robot Manus comentado anteriormente, año 2010:**

Un grupo de científicos del Instituto nacional de ciencia industrial avanzada y tecnología de Japón (Intelligent Systems Research Institute) han creado un brazo robótico diseñado para que las personas con discapacidad puedan realizar tareas para las que normalmente necesitarían ayuda. El brazo se llama RAPUDA, y está pensado para personas con discapacidad en las extremidades superiores. Para su



funcionamiento, el brazo es montado sobre una silla de ruedas y es controlado a través de un joystick. Puede realizar tareas como levantar cosas del suelo, mover objetos en una mesa o incluso tomar un vaso para beber de él [10].



*Figura 10. Brazo RAPUDA.*

Este brazo puede ayudar a alcanzar y manipular objetos con cierta precisión, pero aún es algo lento en el acto, aunque evidentemente eso es solo cuestión de tiempo para que se pueda mejorar esta tecnología.



## 1.2 Objetivos

El objetivo del presente proyecto es desarrollar un brazo electromecánico, adaptable a diferentes tipos de sillas, orientado a la utilización del dispositivo móvil o PDA por el usuario de la silla de ruedas eléctrica.

En el Departamento de Tecnología Electrónica, se está llevando a cabo una estrecha colaboración con el Colegio del Hospital de San Rafael para niños con una gran dependencia física. La colaboración consiste en desarrollar una serie de proyectos fin de carrera orientados a que los profesores y niños del colegio obtengan una serie de beneficios y mejoras en su día a día. Esta colaboración hace que mientras en la Universidad los alumnos aprendemos a desarrollar un proyecto, en El Colegio los niños, profesores, fisioterapeutas y todo el equipo que trabaja allí obtengan grandes beneficios.

En este PFC se propone diseñar un prototipo, realizando fundamentalmente:

- El diseño del soporte mecánico en donde se acoplará y guardará el móvil. Se pretende que el usuario con problemas de movilidad mejore su calidad de vida, por lo que se pretende que no dependa de otra persona para alcanzar su dispositivo móvil o PDA.
- Conseguir que el usuario tenga mayor autonomía teniendo acceso a su terminal de telefonía móvil, y gracias al cual tendrá a su disposición aplicaciones actuales como puede ser el GPS, que podrá consultar y ver fácilmente.
- Lograr un dispositivo funcional y económico.
- Se pretende conseguir un diseño universal o para todos, es decir, un diseño dirigido a todas las edades, tallas y capacidades. En el proyecto se han seguido una serie de principios postulados por Center for Universal Design que respetándose en todas las fases del diseño se permite y se asegura una gran accesibilidad para todos.



- Construir un prototipo que sirva de ejemplo y que se pueda tomar de referencia para desarrollar nuevos elementos de ayuda a discapacitados.
- Como continuación de este proyecto se pretende implementar en el dispositivo móvil una aplicación que mejore la calidad de comunicación del usuario. Esto se conseguirá mediante la reproducción de mensajes que se escriban en su teléfono móvil y que cubran todas sus necesidades (evitando mensajes grabados).

A lo largo del documento se describirá el diseño, desarrollo e implementación de las aplicaciones necesarias para la realización de este proyecto.

El capítulo 2 expone una breve descripción del proyecto, diferenciando cada parte que formará el sistema, y justificando la elección de los componentes:

- La elección de los motores y su colocación en el soporte mecánico además de los engranajes necesarios para transmitir el movimiento.
- La elección del micro controlador y su tarjeta de desarrollo, incluido el diseño de la placa hardware.

En el capítulo 3 se explica el diseño mecánico del sistema, las distintas piezas y su colocación en la silla.

A lo largo del capítulo 4 se detalla el sistema mecánico, es decir, los motores, los engranajes y los distintos elementos que hacen que las piezas engranen y se muevan.

En el capítulo 5 se describe el diseño electrónico, los distintos elementos que formaran el driver, los controles y un diagrama del funcionamiento del software.

El capítulo 6 consiste en los controles que estarán a disposición del usuario para que pueda utilizar el dispositivo.

En el capítulo 7 se explica cómo se ha diseñado la forma de alimentar el sistema desde las baterías de la silla de ruedas.

En los anexos se incluye la siguiente información sobre el diseño y para el desarrollo del sistema:

- Esquemático y Layout del diseño físico de las placas.





- Planos de las piezas que hacen falta que se contruyan.
- Pliego de condiciones con las medidas y hueco que existe para colocar el dispositivo sin molestar al usuario y sin que afecte a su movilidad con la silla.
- Presupuesto, donde se incluyen todos los costes necesarios.
- Código fuente que compone el software.
- Hojas de catálogo de los principales elementos que componen el sistema.



## Capítulo 2. Descripción general del sistema

---

## 2.1. Descripción del sistema

En este capítulo se dará una visión general del diseño mostrado en el diagrama de bloques de la *Figura 11*, dando una breve descripción de cada uno de ellos y de su funcionamiento. De esta manera se tendrá claro en qué partes se divide este diseño y la funcionalidad de cada uno de los bloques.

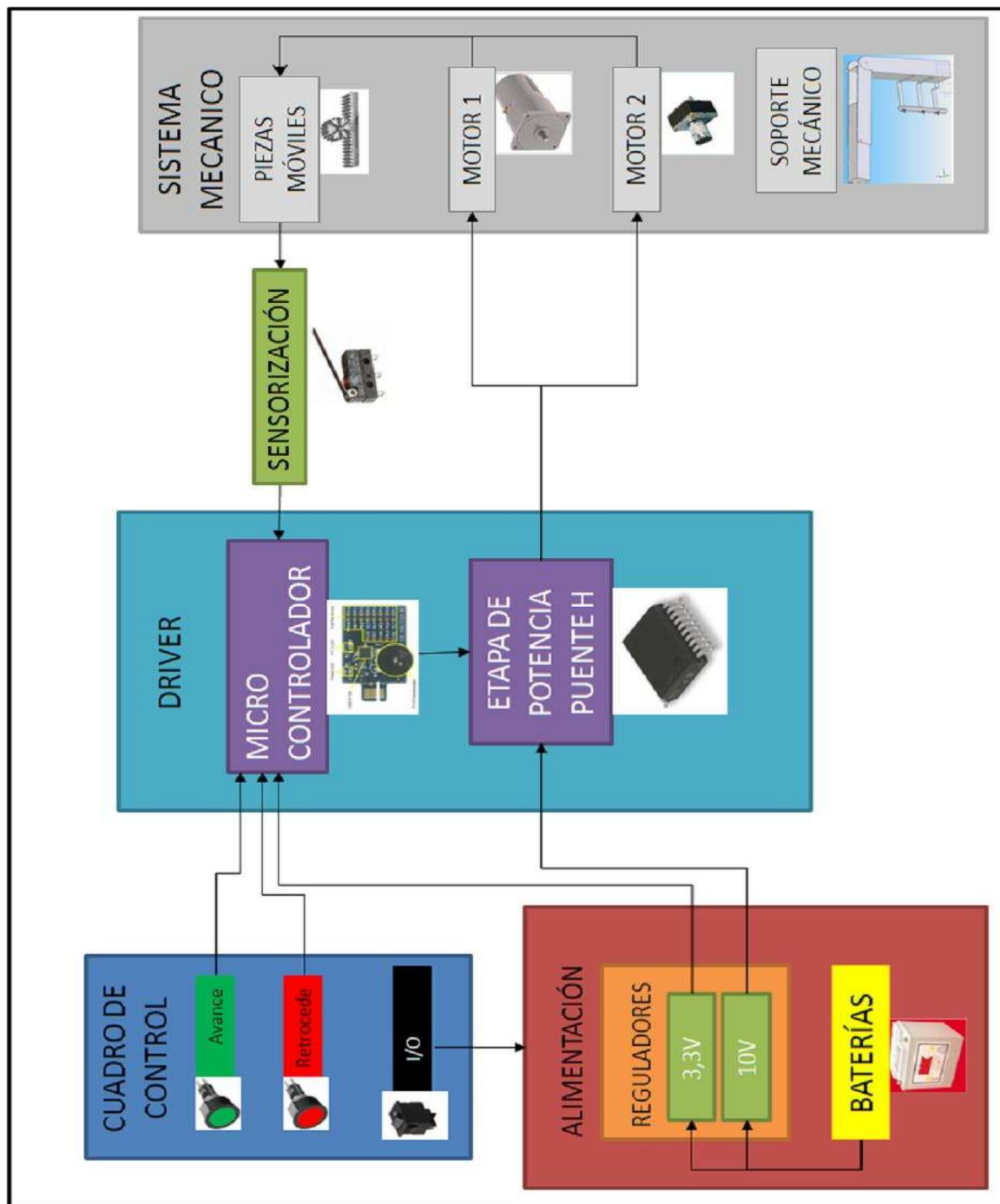


Figura 11. Diagrama de bloques del sistema completo.



A continuación, se va a realizar una breve descripción general de cada uno de los bloques que forman el sistema.

El sistema mecánico está formado básicamente por las piezas que constituyen el brazo mecánico, los motores, el soporte para sujetarlo a la silla y los engranajes correspondientes para transmitir el movimiento de los motores a las piezas.

El bloque Driver está formado por la unidad de control y un puente H. El puente H proporcionará la potencia necesaria a los motores sirviendo de intermediario entre la alimentación, el micro controlador y los motores. La unidad de control recibe el movimiento que se quiere realizar por el usuario: avance, retroceso o parada. Además, es capaz de controlar el movimiento de los motores según la información que reciba de los sensores.

Desde el Cuadro de Control el usuario puede controlar el movimiento del dispositivo, encenderlo y apagarlo. Una vez encendido, hacer que avance se detenga o retroceda.

El bloque de Alimentación suministra suficiente energía para alimentar la electrónica de los diferentes bloques, incluido el movimiento de los motores.

El bloque de sensorización es el sistema que se ha utilizado para que el sistema de control sepa qué motor tiene que moverse en cada momento y en qué dirección.

## 2.2. Sistema mecánico

El sistema mecánico, consta de toda la estructura que se construirá para que el usuario tenga el dispositivo móvil o PDA a mano y que no le moleste mientras no lo utiliza, es decir, que cuando el usuario se mueva con la silla el dispositivo no le limite los movimientos. Para eso se ha tenido que estudiar el espacio que ocupaba la silla y se ha diseñado de tal manera que no sobrepase las medidas de la silla. Por lo que para elegir el diseño de la estructura se ha tenido en cuenta:

- La situación dentro del espacio libre que ocupan la silla y el usuario.
- La distancia necesaria para que el usuario pueda hacer uso del móvil o PDA.
- La posibilidad de quitar el dispositivo de una manera fácil y sencilla de la silla.

Además, dentro del sistema mecánico se diferencian tres bloques según la funcionalidad que desempeña cada uno. Estos tres bloques son:



- Soporte: Serán todas las piezas que se han diseñado y que sujetan los motores o el chasis a la silla.
- Chasis: Las piezas que forman parte del chasis son las tres piezas principales (A, B, C), en las que se colocarán los motores, la placa, o los engranajes.
- Motores y engranajes: Son los motores seleccionados para los movimientos que tienen que hacer las piezas para acercar el móvil al usuario. Los engranajes hacen referencia a la manera que se ha diseñado para transmitir el movimiento de los motores a cada una de las piezas.

Respecto al punto de los motores, la elección de los mismos se ha debido a los siguientes aspectos entre otros: el sistema de alimentación que se obtiene de las baterías de la silla, al par que tienen que vencer para mover una parte del sistema mecánico y otras cuestiones que se describen más adelante en este documento.

También hay que destacar que aparte del cálculo que se ha hecho para que los motores sean capaces de mover la estructura se ha añadido un margen a todos los cálculos para asegurarse de la viabilidad.

## 2.3. Driver

Está compuesto por dos bloques, uno de ellos es la unidad de control, que leerá las acciones que el usuario desea realizar (avanzar, retroceder o detener). También leerá la posición en la que se encuentran las piezas. La unidad de control con esta información hará que a través del puente H se dirijan los motores. Y controlará qué motor, cuándo y en qué sentido debe funcionar.

## 2.4. Cuadro de Control

El cuadro de control es el interfaz que se ha diseñado para que el usuario de la silla pueda controlar el brazo mecánico. Se ha diseñado para que su uso sea lo más sencillo posible. El cuadro de control tiene un botón de encendido y apagado del sistema general. Y después dos para el manejo del dispositivo. Uno el de avance para que se despliegue el brazo. Y otro el de retroceso para que se recoja el brazo. Si se está recogiendo o desplegando el brazo y se vuelve a pulsar cualquiera de los dos botones se detendrá la maniobra.



## 2.5. Sensorización

Se trata del sistema que se utilizará para que el micro controlador reciba la posición en la que se encuentran las piezas móviles. Se colocarán una serie de sensores en el interior del brazo, funcionaran como interruptores fin de carrera para el movimiento lineal del mismo. También se ha diseñado la ubicación de unos interruptores para que el micro controlador conozca si el brazo está en la posición vertical u horizontal.

## 2.6. Alimentación

La forma de alimentar el prototipo será mediante las baterías de la silla. Capaces de alimentar el sistema, sin que esto afecte al normal funcionamiento de la silla. Ya que la batería proporciona 40Ah y el consumo de los motores no llega a 200mA, con picos de 500mA, en unos treinta segundos que tarda el brazo en desplegarse por completo. Para poder utilizar la alimentación de las baterías en la electrónica diseñada se utilizarán una serie de reguladores de tensión que proporcionaran 3,3V y 10V. Con los componentes necesarios para su correcto funcionamiento.



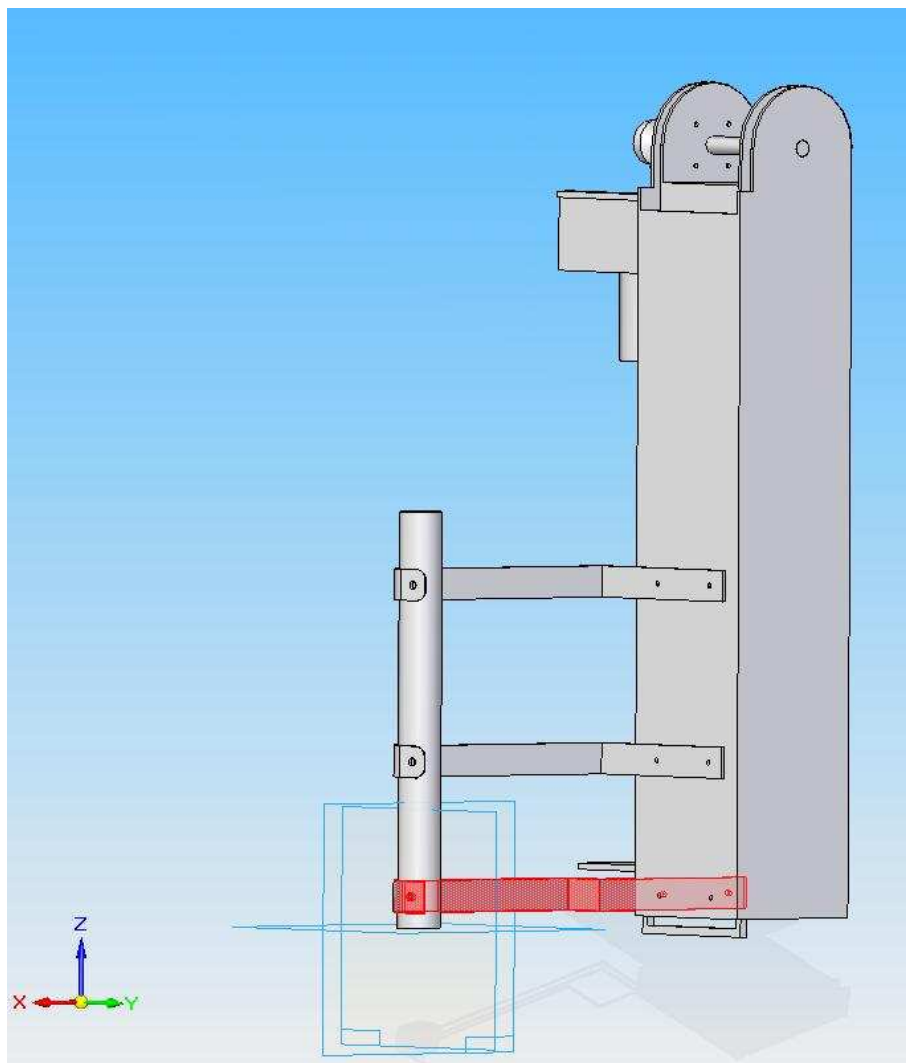
## Capítulo 3. Diseño del sistema mecánico

---

### 3.1. Soporte

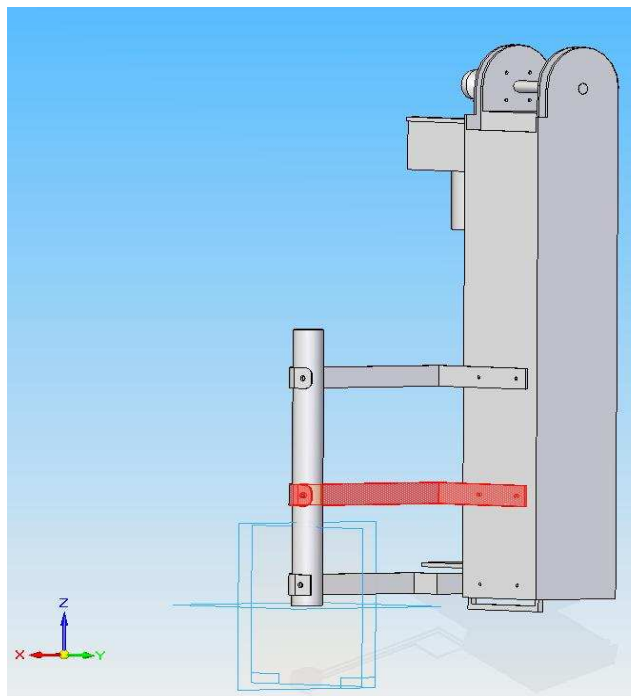
El dispositivo se sujetará a la silla con tres piezas adicionales diseñadas para esta función. Se han diseñado con estas medidas para las necesidades de Clara, pero con unas pequeñas modificaciones se podría adaptar para otro usuario con otras necesidades.

Para sujetar el dispositivo se han diseñado tres escuadras, dos serán iguales y una distinta. Para una mejor sujeción a la barra del respaldo de la silla de ruedas eléctrica. Los dos tipos de escuadras que se implementarán se pueden observar en la *Figura 12* y *Figura 13*.



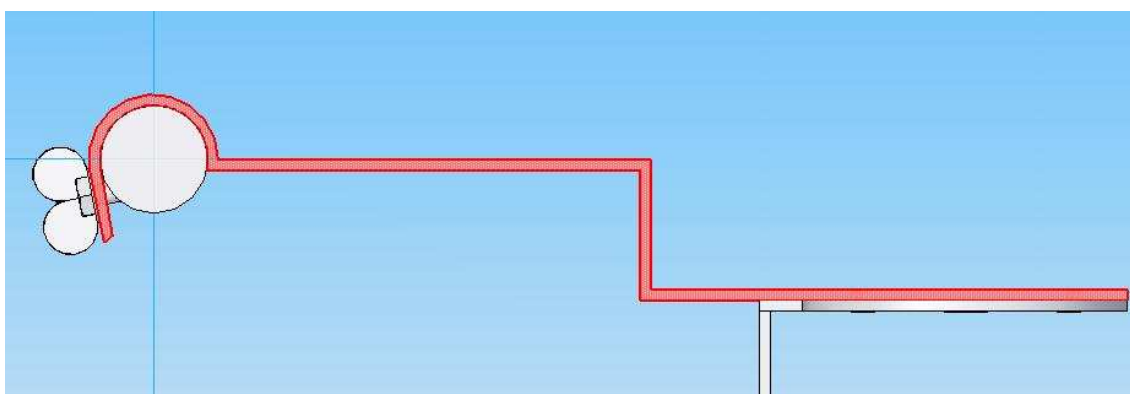
*Figura 12. Anclaje del dispositivo a la silla Tipo 1.*





*Figura 13. Anclaje del dispositivo a la silla Tipo 2.*

En la *Figura 14* se puede ver el diseño que se ha realizado de los anclajes que fijarán el dispositivo a la silla. Se ha buscado un diseño para una rápida colocación del brazo en la silla y se ha diseñado un extremo del anclaje en forma de U en la que se introducirá la barra del respaldo. Para un mejor ajuste y fijación se pondrá una palometa roscada en el agujero que hay en una de las paredes de la U, parte izquierda de la *Figura 14*. La elección de una palometa se hace para que se pueda retirar el dispositivo de una manera más cómoda y eficaz que con un tornillo simple, porque una de las principales preocupaciones a la hora del diseño ha sido que se pueda retirar fácilmente siempre que sea necesario.



*Figura 14. Anclaje del dispositivo a la silla de ruedas.*



## 3.2. Estructura

Las piezas se situarán cuando el brazo esté recogido detrás del reposa brazo izquierdo, y se halle paralelo al respaldo.

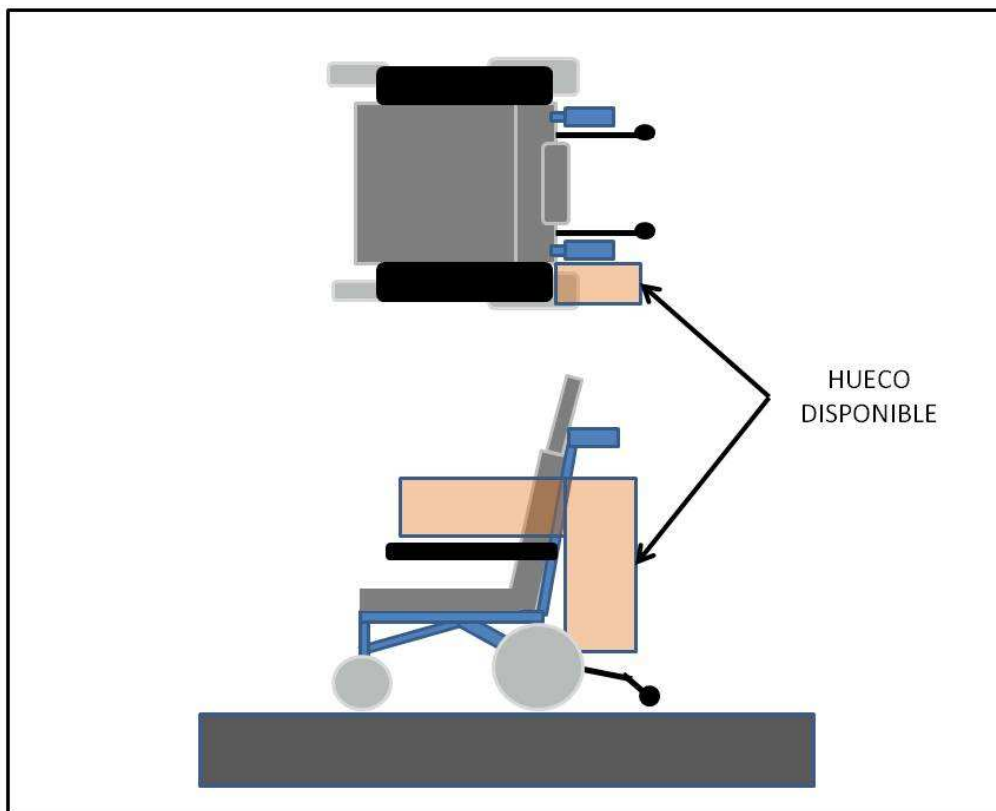
Se ha decidido esta situación por una serie de motivos. Estos son que Clara tiene mayor movilidad con la mano izquierda que con la derecha y que no se sobrepasan las medidas de la silla a excepción únicamente del momento en que se despliega el brazo. En caso de ser otras las necesidades del usuario, con sólo unas pequeñas modificaciones se podría adaptar el dispositivo para este nuevo usuario.

A la hora de estudiar el diseño para situar la estructura del dispositivo se han tenido cuatro directrices fundamentales en la flexibilidad en el uso del “diseño para todos”:

- Proporcionar alternativas en los métodos de uso.
- Que se pueda utilizar con la derecha y con la izquierda.
- Que sea fácil y exacto para el usuario.
- Proporcionar adaptabilidad al ritmo de cada usuario.

En el caso específico de Clara se pondrá el diseño a la izquierda de la silla, pero en caso de que el usuario fuese diestro, se podría colocar de la misma manera únicamente cambiando los anclajes que se describirán más adelante.

También se ha tenido en cuenta que en paralelo con el reposabrazos izquierdo Clara lleva el mando para dirigir la silla.



*Figura 15. Situación del hueco disponible.*

En la *Figura 15*, se puede ver el hueco disponible. Una vez observada la posición óptima para la colocación del dispositivo se han diseñado las piezas que eran necesarias, teniendo en cuenta el hueco disponible y la distancia para la utilización del móvil.

Finalmente se han diseñado tres piezas principales. Se ha pensado poner tres piezas porque cada una tiene una serie de funciones determinadas que se describirán más adelante. Después de haberse localizado el mejor emplazamiento para situar el dispositivo y la mejor situación para que Clara pueda usar el móvil sin que la moleste el brazo. Se ha tenido en cuenta la capacidad de Clara para mover el brazo izquierdo. Pero esto no significa que si ella u otro usuario pudiesen mover el brazo derecho, con algunas adaptaciones, como por ejemplo el dispositivo se podría colocar en la parte derecha del respaldo de la silla. Modificando los anclajes que fijan el dispositivo a la silla. También se puede variar la altura a la que se colocan los anclajes si la silla tuviese el respaldo más grande o más pequeño. Como el dispositivo no es fijo se puede variar también la altura del mismo. Todas estas pequeñas modificaciones están



pensadas con la idea de un diseño para todos y universal. Siendo siempre el dispositivo el que se adapte a las necesidades del usuario y no al contrario.

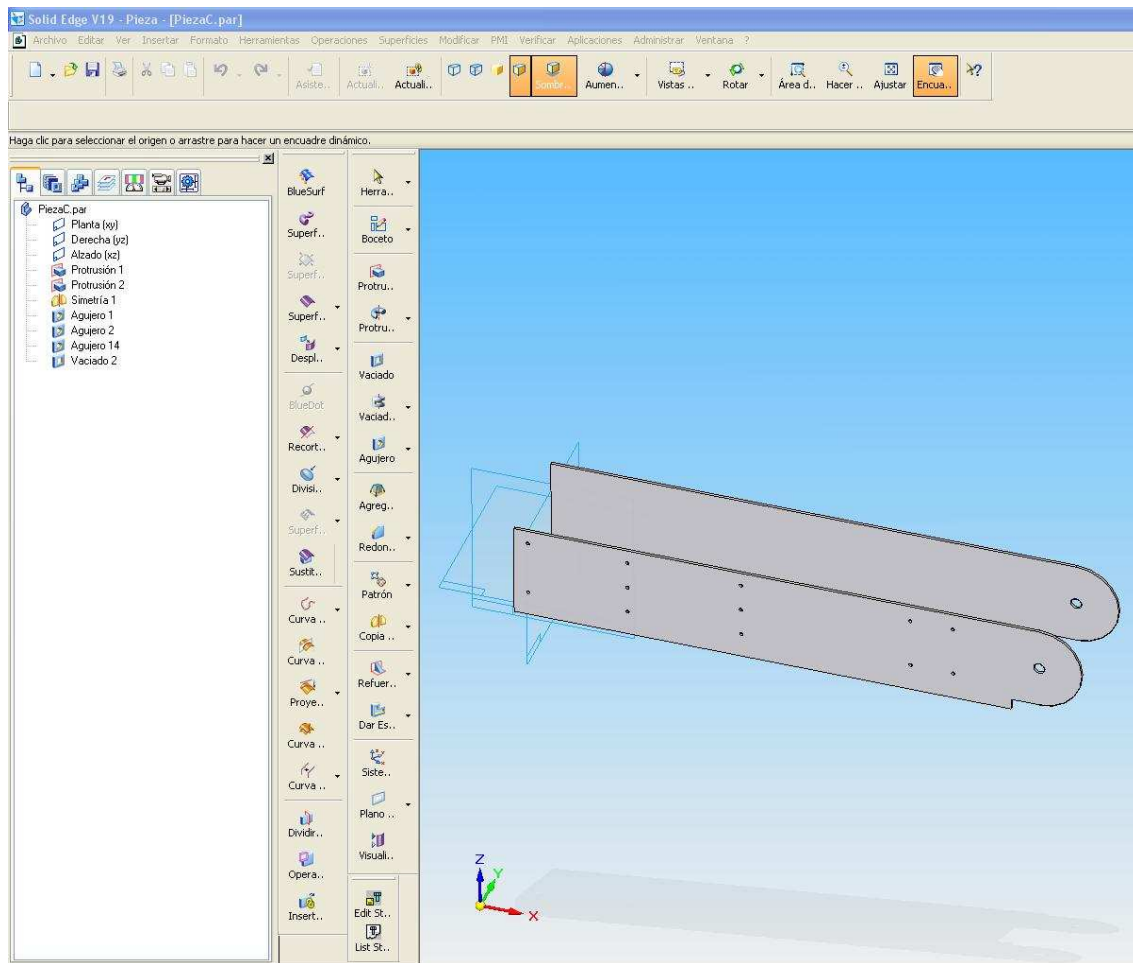
Las tres piezas principales se han nombrado A, B y C en orden desde donde se coloca el móvil hacia la parte trasera.

Cada pieza se trata de una plancha mecanizada y doblada de 2mm fabricada en Aluminio Magal 30 5754. Se ha elegido como material el aluminio por sus cualidades de resistencia y ligereza. El diseño de las piezas se ha realizado con SolidEdge V19.

Solid Edge es un programa de parametrizado de piezas en 3D basado en un software de sistema de diseño asistido por ordenador (CAD). Permite el modelado de piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje de conjuntos, soldadura y funciones de dibujo en plano para ingenieros.

El software es desarrollado por Siemens AG. Ya que fue adquirido por ellos recientemente y está empezando a usarse en todas la plantas de producción e ingeniería. La inclusión de Solid Edge en Siemens está suponiendo muchos cambios considerables en el desarrollo del software ya que lo están mejorando y evolucionando notablemente.

El primer paso ha sido dibujarlas en tres dimensiones para poder visualizarlas de una manera más cómoda como se puede ver en la *Figura 16. Diseño de la pieza C en tres dimensiones con SolidEdge.*



*Figura 16. Diseño de la pieza C en tres dimensiones con SolidEdge.*

Después se han creado los planos de cada pieza, acotando cada medida correctamente para que después se haga el mecanizado. Los planos creados están anexos al final del proyecto.

Las tres piezas se colocarán de la siguiente manera: la pieza C va fija a los anclajes de la silla y en ella se situará uno de los motores (motor 2); la pieza B se girará  $270^{\circ}$  respecto a la anterior y se acoplará a ella cuando se recoja completamente el dispositivo. Esta segunda pieza (B) además albergará en su interior a la pieza A en reposo, y contendrá el motor 1. La pieza A será la que lleve acoplada el dispositivo móvil. La pieza A tendrá un desplazamiento lineal respecto a la B cuando la B esté en su posición desplegada. En la *Figura 17* y *Figura 18* se observa de manera más clara la anterior descripción.

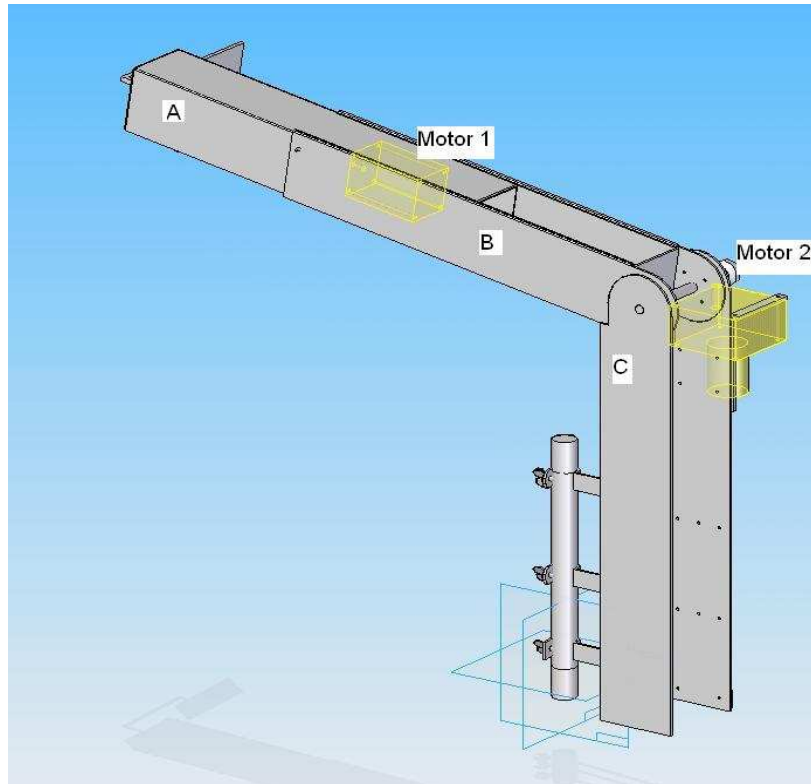


Figura 17. Situación de las piezas y los motores.

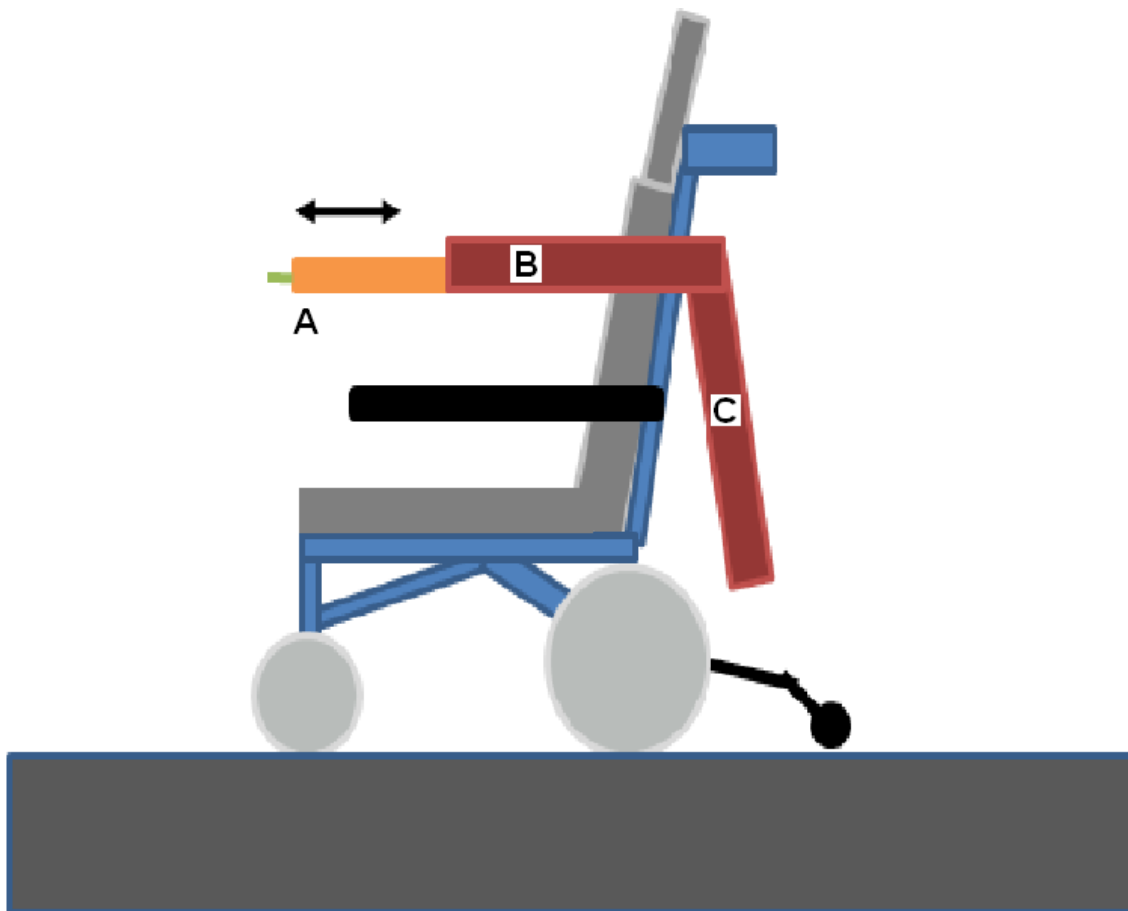


Figura 18. Situación de las tres piezas principales en la silla.



La pieza C tiene tres funciones fundamentales:

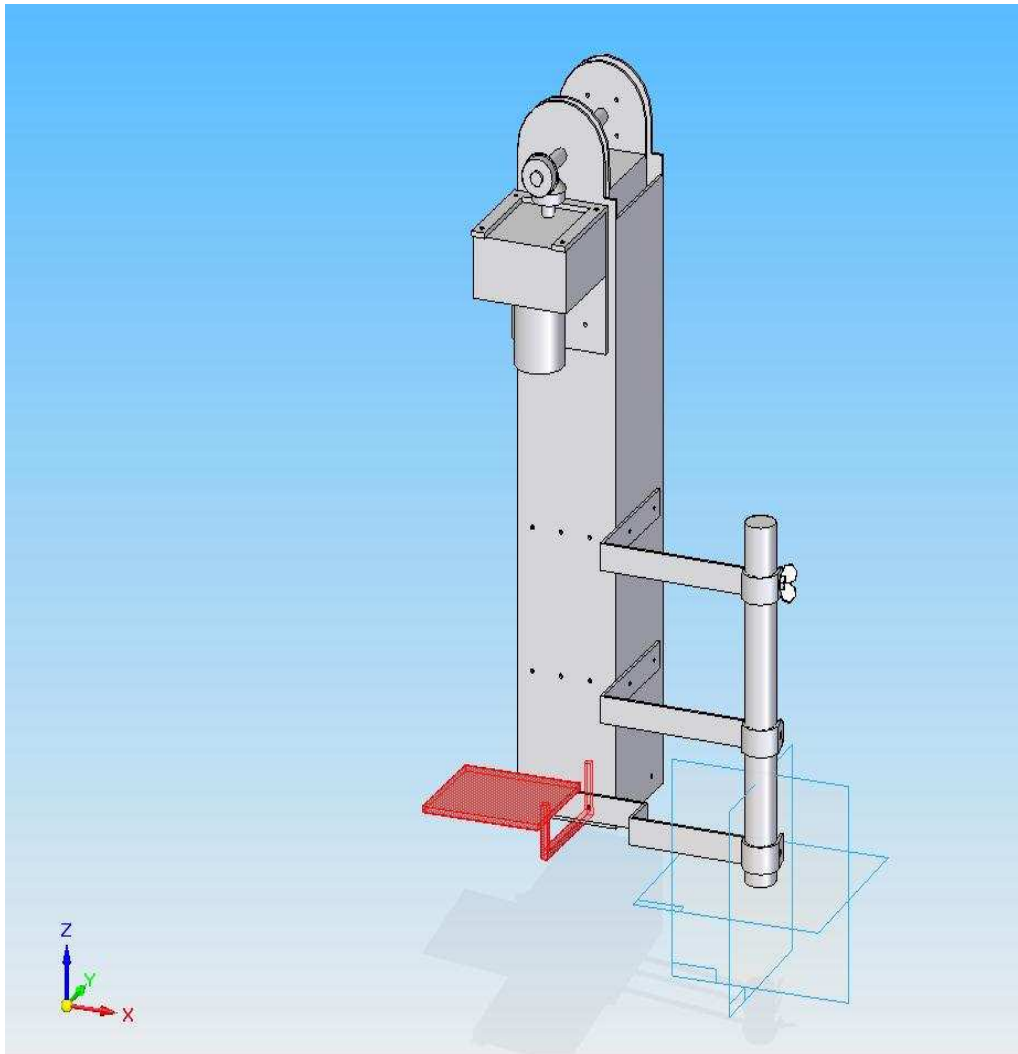
- Albergar a las otras dos piezas.
- Sostener el motor 2 que permite el giro de la pieza B y la electrónica necesaria.
- Fijarse a la silla.

.La pieza B se ha diseñado para que albergue en su interior el motor 1, que transmitirá el movimiento a la pieza A para que avance hasta quedarse a una distancia correcta para que Clara pueda utilizar su móvil.

Las funciones de la pieza B son:

- Albergar la pieza A en su interior.
- Cubrir el motor 1 y el engranaje necesario para transmitir el movimiento a la pieza A.

La pieza A será la que haga que Clara pueda utilizar su teléfono a la distancia que mejor le convenga. La pieza A tendrá en su interior una cremallera para que a través del engranaje con el motor la pieza A se desplace hacia delante o hacia detrás. En la pieza A además también se sujetará la pieza en la que va enganchada el móvil.



*Figura 19. Sujeción para el móvil acoplada al dispositivo.*

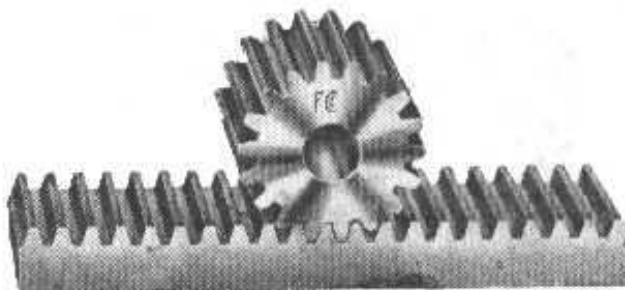


### 3.3. Motores y engranajes

Se ha diseñado el brazo para que tenga dos movimientos, un movimiento en el que el brazo girará a una altura aproximada del hombro de Clara y otro movimiento lineal que será el de la extensión del brazo para situar el móvil a la distancia más cómoda para Clara. Estos movimientos se realizarán en un sentido y en otro. Para que se realicen los movimientos se harán con motores DC de 12 V.

El diseño se ha realizado desde la parte más próxima al móvil a la más lejana, ya que se van a ir añadiendo los pesos y cargas de los siguientes elementos según nos alejemos del móvil.

La primera parte del diseño y elección de los motores comienza con la elección del motor que se encuentra alojado en la pieza B y que desplazará a la pieza A, el motor1. Para transmitir el movimiento ha sido diseñado un mecanismo de cremallera similar al que se puede ver en la *Figura 20*. Este mecanismo aplicado a los engranajes lo constituyen una barra con dientes la cual es considerada como un engranaje de diámetro infinito y un engranaje de diente recto de menor diámetro. Se ha seleccionado esta forma de transmisión ya que transforma el movimiento de rotación del piñón y del motor en un movimiento lineal de la cremallera. La pieza A será la que tenga colocada una cremallera por la que se transmitirá el movimiento del motor de forma lineal.



*Figura 20. Mecanismo de cremallera.*

Para que el movimiento se transmita de ésta manera a la pieza A se ha diseñado el engranaje necesario y su respectiva fijación a la pieza. Pero primero se ha procedido al cálculo del par que el motor tiene que vencer para desplazar la pieza, con el consiguiente estudio de fuerzas.

Además del estudio de fuerzas y el par necesario, se han tenido en cuenta unas especificaciones de partida como eran: una velocidad reducida para un mayor

control del sistema por parte del usuario, un sistema sencillo de engranaje y el espacio total disponible en la pieza y la silla.

Una vez que hemos calculado el volumen aproximado de la pieza, calculamos su peso. Con el peso estimamos el par necesario que debe tener el motor para mover la pieza con la cremallera.

El cálculo se ha realizado de la siguiente manera, según las medidas que se observan en las *Figura 21* y *Figura 22* :

- Cálculo del área de la pieza:

$$A = 2a \cdot h + b \cdot h + b^2$$

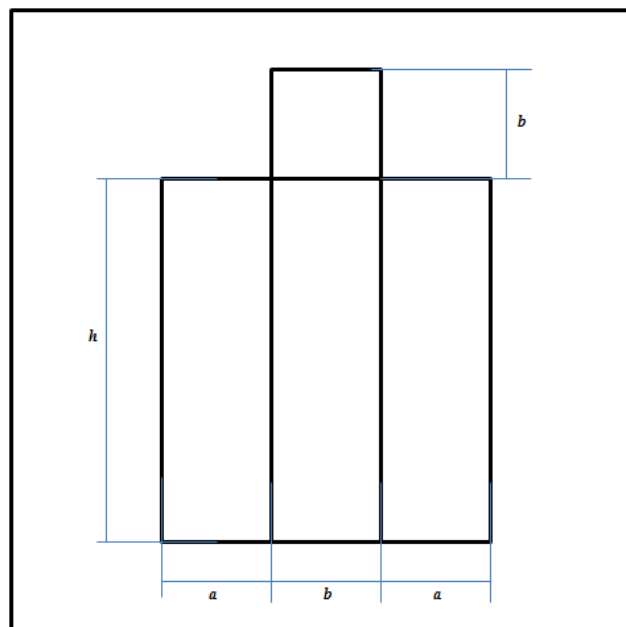
Siendo:

$$a = 56mm.$$

$$b = 59mm.$$

$$h = 332mm.$$

$$A = \text{Área de la pieza } A = 6,0253 \cdot 10^{-2} m^2$$



*Figura 21. Medidas pieza A.*

- Cálculo del volumen de la pieza A:

$$Vol_A = A \cdot d$$

Siendo:

$d = \text{Grosor de la plancha de aluminio} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$

$\text{Vol}_A = \text{Volumen total de la pieza A} = 1,205 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$

- Cálculo de la masa de la pieza A:

$$m_A = \text{Vol}_A \cdot D_{Al}$$

$D_{Al} = \text{Densidad del Aluminio} = 2700 \text{ Kg/m}^3.$

$\text{Vol}_A = \text{Volumen total de la pieza A} = 1,2053 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$

$m_A = \text{Masa de la pieza A} = 0,325 \text{ Kg}.$

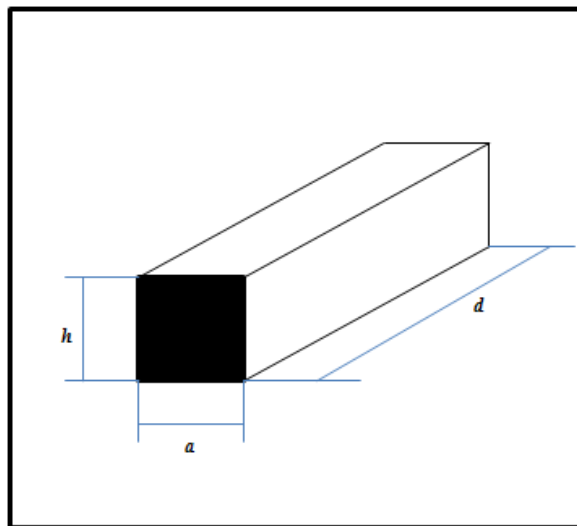


Figura 22. Medidas cremallera.

- Cálculo del volumen de la cremallera:

$$\text{Vol}_{\text{cremallera}} = a \cdot b \cdot h$$

Siendo:

$a = 11 \text{ mm}.$

$b = 10 \text{ mm}.$

$h = 332 \text{ mm}.$



$$Vol_{cremallera} = \text{Volumen de la cremallera} = 3,652 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 = 3,652 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 3,652 \cdot 10 \text{ cm}^3.$$

- Cálculo de la masa de la cremallera:

$$m_{cremallera} = Vol_{cremallera} \cdot D_{Acero}$$

Siendo:

$$D_{Acero} = \text{Densidad del Acero} = 7,850 \text{ g/cm}^3.$$

$$Vol_{cremallera} = \text{Volumen de la cremallera} = 3,652 \cdot 10 \text{ mm}^3.$$

$$m_{cremallera} = \text{Masa de la cremallera} = 0,287 \text{ Kg.}$$

Una vez calculado el volumen de la pieza A sin salirse de los límites marcados por la silla y por el usuario de la misma, se ha procedido a calcular el par necesario para mover la pieza A, la cremallera, y el móvil que va fijo a ella.

- Cálculo del par necesario:

La masa total de la pieza A, la cremallera y el teléfono móvil es:

$$m_{total} = m_{cremallera} + m_A + m_{móvil}$$

Siendo:

$$m_A = \text{Masa de la pieza A} = 0,325 \text{ Kg.}$$

$$m_{cremallera} = \text{Masa de la cremallera} = 0,287 \text{ Kg.}$$

$$m_{móvil} = \text{Masa del teléfono móvil} = 0,300 \text{ Kg.}$$

$$m_{totalA} = 0,911 \text{ Kg.}$$

El peso total de la pieza A con la cremallera, para cuando la pieza A se encuentra en posición horizontal, es como se observa en el diagrama de fuerzas representado en la *Figura 23*:

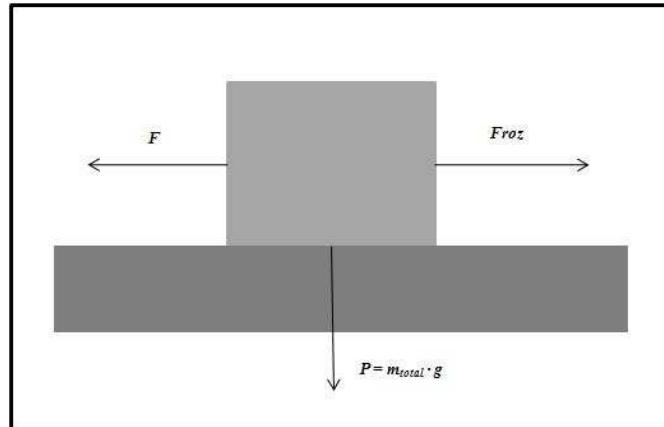


Figura 23. Representación diagrama de fuerzas.

$$P_{totalA} = m_{totalA} \cdot g$$

$$m_{totalA} = 0,911 \text{ Kg.}$$

$$g = \text{Gravedad} = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

$$P_{totalA} = 8,937 \text{ N.}$$

Teniendo en cuenta la fuerza de rozamiento de la pieza A con la pieza B:

$$F_{roz} = \mu_e \cdot P_{totalA}$$

$$P_{totalA} = 8,937 \text{ N.}$$

$$\mu_e = \text{Rozamiento estático del Al con Al} = 0,2.[12]$$

$$F_{roz} = 1,79 \text{ N.}$$

RS ofrece una serie de engranajes, el que más se ajusta a las necesidades descritas es el siguiente, con códigos RS (521-803 y 521-780), la siguiente *Figura 24* se muestra un engranaje de Nylon para que se visualice de qué forma engranarían, los seleccionados son de acero:

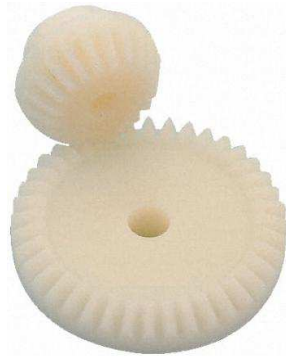


Figura 24. Engranaje oblicuo.

Según las medidas del engranaje oblicuo por las especificaciones del catálogo de RS representada en la Figura 25.

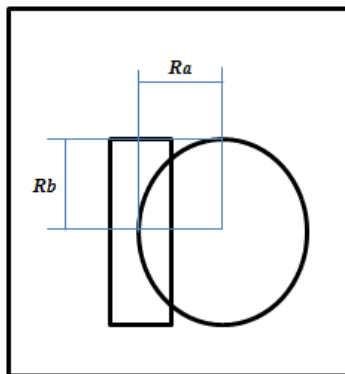


Figura 25. Representación de los radios del engranaje cónico.

$$Par = F_{roz} \cdot (R_a + R_b)$$

Siendo:

$$R_a = 9 \text{ mm.}$$

$$R_b = 16 \text{ mm.}$$

$$F_{roz} = 1,79 \text{ N.}$$

$$Par = 44,7 \text{ mNm.}$$

La elección del radio de los engranajes está comprometida entre el hueco disponible y una velocidad de desplazamiento de la pieza A lo suficientemente lenta para que si golpea algo no produzca ningún daño.

Para el cálculo de la velocidad se ha estimado que la pieza A tarde del orden de 10 segundos en llegar a su posición desplegada. Sabiendo el par mínimo que tiene

que tener el motor, la velocidad de salida del motor y el hueco disponible, se ha seleccionado un motor (con código de referencia 336-315) del catálogo de RS. Se puede ver en la *Figura 26*.

Para transmitir el movimiento del motor 1 a la pieza A se ha decidido situar el eje del motor en paralelo al desplazamiento de la pieza.

La forma en la que se transmitirá el movimiento se hará de la siguiente manera: al eje del motor se le situará una rueda dentada cónica, de módulo 0'8. Esta rueda se acoplará a otra de mismo modulo, cuyo eje es perpendicular al del motor, en ese eje además se situarán dos ruedas dentadas que estarán fijas y que serán las que engranen con la cremallera. Las ruedas dentadas así como la cremallera se han seleccionado para que sean de módulo 1. Este conjunto de ruedas, será de de acero. Se han seleccionado del catálogo de RS.

El escoger ese tamaño de los engranajes tanto cónicos como la rueda dentada se ha basado en el hueco disponible dejado por la pieza A, ya que la velocidad siempre se puede controlar con la programación adecuada de una PWM, como se verá más adelante.



*Figura 26. Imagen del motor 1 acoplado en la pieza B.*

Como podemos observar en la *Tabla 1*, tomada de las hojas de características proporcionadas por RS el motor es capaz de vencer el par calculado ya que el par calculado ha sido 44,7 mNm y el motor elegido es capaz de proporcionar 150 mNm con su carga máxima permitida.



catalogue number 9904 120 52..	402	602	405	605	
reduction ratio	9 : 1		50 : 1		
Nominal values					
voltage (d.c.)	6	12	6	12	V
torque	25		125		mNm
speed at nom. load at no load	330 415		60 78		rev/ min
current at nom. load at no load	360 80	185 45	360 80	185 45	mA mA
input power	2.1	2.2	2.1	2.2	W
direction of rotation *	CW		CW + CCW		
max. radial force on the bearings	2		6		N
max. axial force	2		6		N
Limiting conditions					
max voltage (d.c.)	9	18	9	18	V
max. perm. load	37.5		150		mNm

\* Viewed from the shaft end

Tabla 1. Especificaciones del fabricante del motor 1 seleccionado.





Para el cálculo del motor 2 que se aloja en la pieza C, se ha realizado el siguiente estudio. Lo primero que se ha decidido ha sido de qué manera se iba a transmitir el movimiento del motor al conjunto de las piezas A y B. La forma ha sido mediante un engranaje cónico de acero de módulo 1,5, se ha seleccionado el siguiente módulo porque la fuerza que tiene que transmitir es más elevada que los engranajes descritos con anterioridad. El módulo es la relación que existe entre el diámetro primitivo y el número de dientes. Al aumentar el módulo se disminuye el número de dientes por milímetro significando que los dientes aumentan de tamaño. De esta manera se asegura que el engranaje sea capaz de transmitir el movimiento.

El motor se situará lo más cerca posible al eje del movimiento de la pieza, para que no aumente el par que tiene que vencer este motor. Ya que cuanto más alejado se encuentre mayor será dicho par. La ubicación de este motor ha sido elegida porque existe hueco disponible. Debido a la forma de los motores eléctricos con cajas reductoras y al hueco disponible se ha decidido que este motor, respecto a su eje, se coloque en paralelo a la pieza C y por la parte exterior de la misma. Esto se ha pensado de esta manera para que el dispositivo no sobresalga de las medidas de la silla de ruedas. El croquis de la *Figura 27* muestra cómo se colocaría el motor y el movimiento que hacen las piezas A y B.

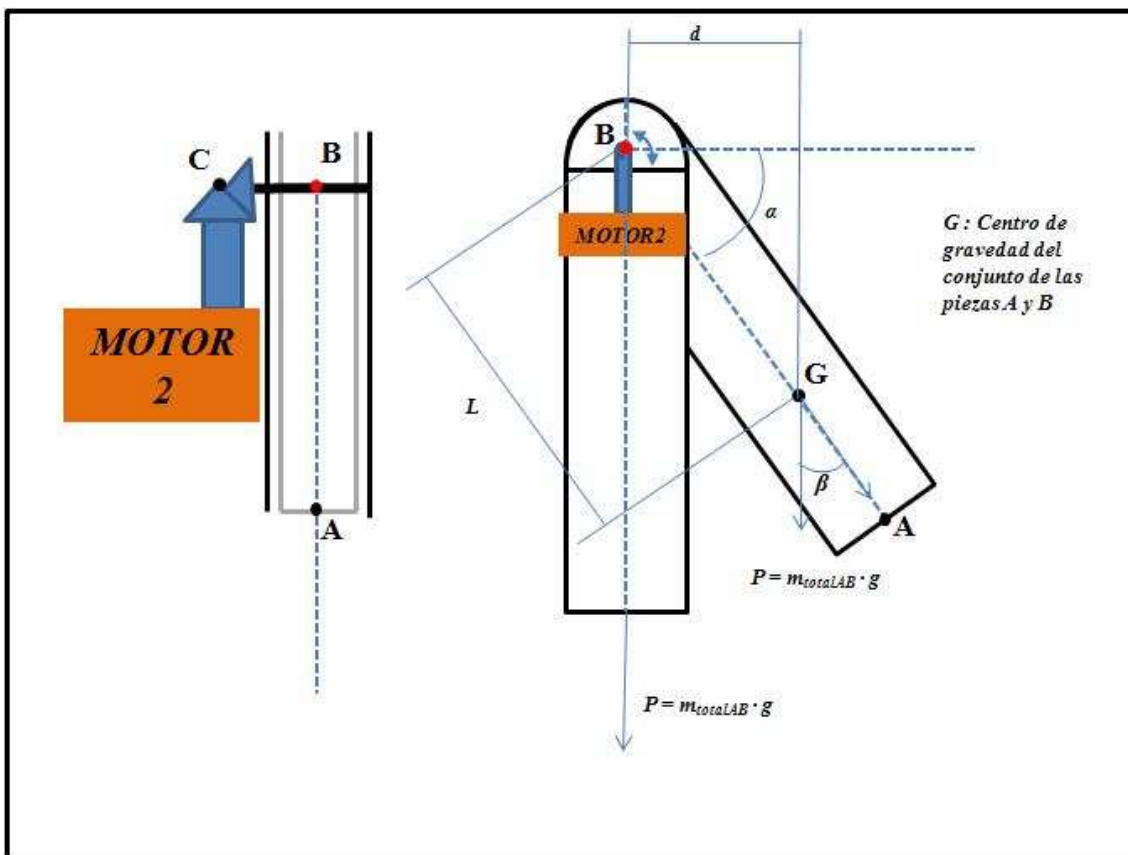


Figura 27. Croquis del movimiento de las piezas A y B y de la situación del motor 2.

Se observa en la parte izquierda de la Figura 27, representación del perfil de las piezas con el motor, cómo quedará el motor 2 respecto a la pieza, con el eje del motor en paralelo a la pieza C y perpendicular al eje al que está fijada la pieza B. Los cálculos que se han realizado para calcular el par que tiene que tener el motor 2 son los siguientes:

Primero se ha procedido a calcular el peso del conjunto de las piezas A y B, y después el momento que se produce en el eje en que se encuentran los puntos B y C que se han representado en el croquis anterior.

- Cálculo del área de la pieza B:

$$A = 2a * h + b * h + b^2$$

Siendo:

$$a = 59mm.$$

$$b = 63mm.$$

$$h = 332mm.$$



$A = \text{Área de la pieza } B = 64.061 \text{ mm}^2 = 6,4061 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2.$

- Cálculo del volumen de la pieza B:

$$Vol_B = A \cdot d$$

Siendo:

$d = \text{Grosor de la plancha de aluminio} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$

$Vol_B = \text{Volumen total de la pieza } B = 1,281 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$

- Cálculo de la masa de la pieza B:

$$m_B = Vol_B \cdot D_{Al}$$

$D_{Al} = \text{Densidad del Aluminio} = 2700 \text{ Kg/m}^3.$

$Vol_B = \text{Volumen total de la pieza } B = 1,281 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$

$m_B = \text{Masa de la pieza } B = 0,346 \text{ Kg}.$

- Cálculo de la masa total de la pieza B:

$$m_{totalB} = m_{motor1} + m_B$$

Siendo:

$m_{motor1} = 0,125 \text{ Kg}.$

$m_B = 0,346 \text{ Kg}.$

$m_{totalB} = 0,471 \text{ Kg}.$

- Cálculo de la masa de la pieza A + B:

$$m_{totalAB} = m_{totalA} + m_{totalB}$$

Siendo:



$$m_{totalA} = 0,911 \text{ Kg.}$$

$$m_{totalB} = 0,471 \text{ Kg.}$$

$$m_{totalAB} = 1,382 \text{ Kg.}$$

- Cálculo del peso de la pieza A + B:

$$P_{totalAB} = m_{totalAB} \cdot g$$

Siendo:

$$m_{totalAB} = 1,382 \text{ Kg}$$

$$g = \text{Gravedad} = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

$$P_{totalAB} = 13,557 \text{ N.}$$

- Cálculo del par necesario para desplazar el conjunto de la pieza A y B:

La posición en la que el par que tiene que vencer el motor es mayor, es cuando las piezas A y B están en posición horizontal según los siguientes cálculos:

Brazo AB:

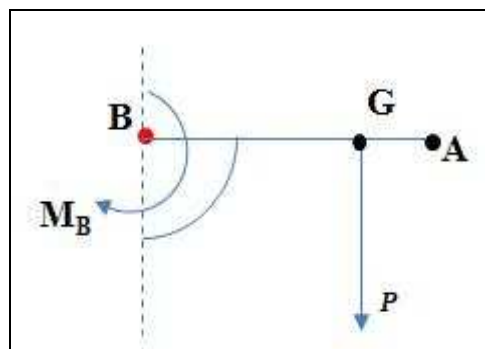


Figura 28. Representación del momento que se ejerce en el punto B.

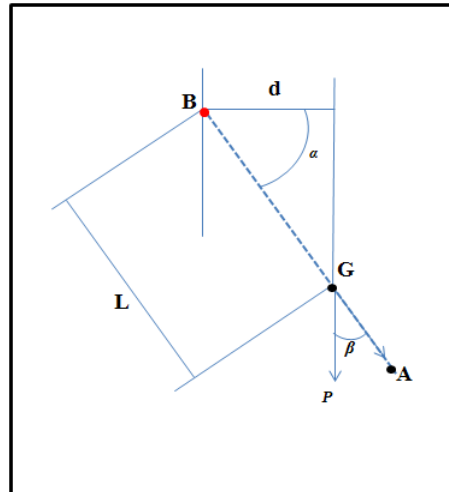


Figura 29. Representación de las fuerzas y distancias que hay del centro de gravedad G al punto B.

$$M_B = d \cdot P_{totalAB}$$

$$d = L \cdot \cos \alpha$$

$$M_B = L \cdot P_{totalAB} \cdot \cos \alpha$$

El momento máximo en B será cuando:

$$\frac{dM_B}{d\alpha} = 0 \rightarrow L \cdot P_{totalAB} \cdot \text{Sen} \alpha = 0 \rightarrow \text{Sen} \alpha = 0 \rightarrow \alpha = 0^\circ \rightarrow \beta = 90^\circ$$

$L = \text{Constante} = 300\text{mm}$  = G se ha desplazado al extremo de la pieza A, situando lo más lejos posible el centro de gravedad para hacerlo máximo en este punto también.

$$P_{totalAB} = \text{Constante} = 13,557 \text{ N.}$$

Por lo que el momento máximo queda:

$$M_B^{Max} = L \cdot P_{totalAB} \cdot \cos 0 = L \cdot P$$

$$L = 300\text{mm}$$

$$P_{totalAB} = 13,557 \text{ N.}$$

$$M_B = 4'068 \text{ Nm.}$$

Debido a que se trata a un movimiento de tan solo  $270^\circ$  y a que una velocidad alta no interesa, del catálogo de RS se ha seleccionado el siguiente motor DC de 12 V con caja reductora:



*Figura 30. Motor 2.*

Algunas especificaciones técnicas del motor seleccionado son las siguientes: tiene una altura máxima de 65 mm y una longitud de 69,8 mm, tiene un par de salida de 5Nm, esto hace que el motor este sobredimensionado un 20% respecto al valor que se ha calculado.

Además el motor proporciona una velocidad máxima de salida de 8,6 rpm, lo que supone que a esta velocidad tardará en recorrer  $270^\circ$  un tiempo de 5,23 segundos, un tiempo lo suficientemente lento como para no provocar ningún daño. Además como se ha mencionado en el caso del motor 1 siempre que la velocidad se quiera reducir se puede programar una señal PWM para controlar el motor.

El motor dispone de dos terminales por los que entrarán las señales que lo alimentan. Este motor de corriente continua permite que su entrada sea una señal PWM pudiéndose cambiar la polaridad de los terminales para que se consiga cambiar el sentido de giro del motor.

Para la transmisión del movimiento desde el motor a la pieza B, se ha pensado que se haga con un engranaje cónico de acero, porque de esta manera se puede colocar el motor en paralelo a la pieza C y así reducir el espacio que ocuparía si se colocara de forma perpendicular, ya que si se sitúa el eje del motor sobre el eje del movimiento de la pieza B sobresalía en exceso de las medidas de la silla. Así que se

colocará el eje de la caja reductora en paralelo a la pieza C y perpendicular al eje del movimiento. Para transmitir el movimiento de un eje a otro se colocarán una rueda dentada cónica en cada eje. Estas ruedas son de acero y de módulo 1'5. El engranaje seleccionado es el que se corresponde con la *Figura 31*:



*Figura 31. Engranaje cónico de acero.*

A cada engranaje se le realizará un mecanizado para poder colocar un tornillo prisionero que haga que el engranaje quede fijo y sujeto al eje, uno al de la caja reductora y otro quedará fijo al eje que atraviesa las piezas B y C. El agujero de la rueda dentada coincide con el del eje de salida de la caja reductora del motor. Para que la relación sea 1:1 entre las dos ruedas dentadas se ha decidido que el eje que atraviesa las piezas B y C sea también del mismo diámetro que el agujero de la rueda dentada, de 8mm.



## Capítulo 4. Driver

---





## 4.1. Diseño hardware

### 4.1.1. Microcontrolador.

Como se ha explicado en los capítulos anteriores en este proyecto se pretende diseñar un dispositivo que sea capaz de dar accesibilidad a su teléfono móvil a una persona con movilidad reducida.

El esquema que se ha seguido a la hora de tratar el estudio del programa es el siguiente. En primer lugar se explica brevemente el entorno de desarrollo en el que se ha programado, configuraciones preliminares, de ser necesario realizarlas, etc. A continuación en el siguiente punto de este capítulo se explica brevemente el cometido del programa y su funcionamiento básico, y se exponen los diagramas de flujo de dicho programa (*ver 4.2. Diseño software*).

Antes de comenzar con el estudio del software es necesario comentar el microcontrolador utilizado y los motivos de su uso. La explicación es que partimos de un programa relativamente sencillo, cuya función es, en esencia, la gestión de los datos de entrada y actuar sobre las salidas. Dicho programa no necesita gestionar ni mucha información ni mucha memoria, por lo que un microcontrolador básico sería suficiente. Aún así, se ha decidido utilizar un microcontrolador bastante potente en relación a las necesidades existentes pero pensando siempre en posibles y futuras ampliaciones o mejoras. El microcontrolador utilizado es C8051F330 de Silicon Laboratories, con un núcleo de la familia 8051. Los núcleos 8051 se usan en más de 100 micro controladores de más de 20 fabricantes independientes.

Además en la titulación se trabaja con él en varias asignaturas como Sistemas Electrónicos Digitales II y Laboratorio de Electrónica Industrial. Por lo que el conocimiento de este micro controlador nos ha permitido reducir el tiempo dedicado a familiarizarse con él.

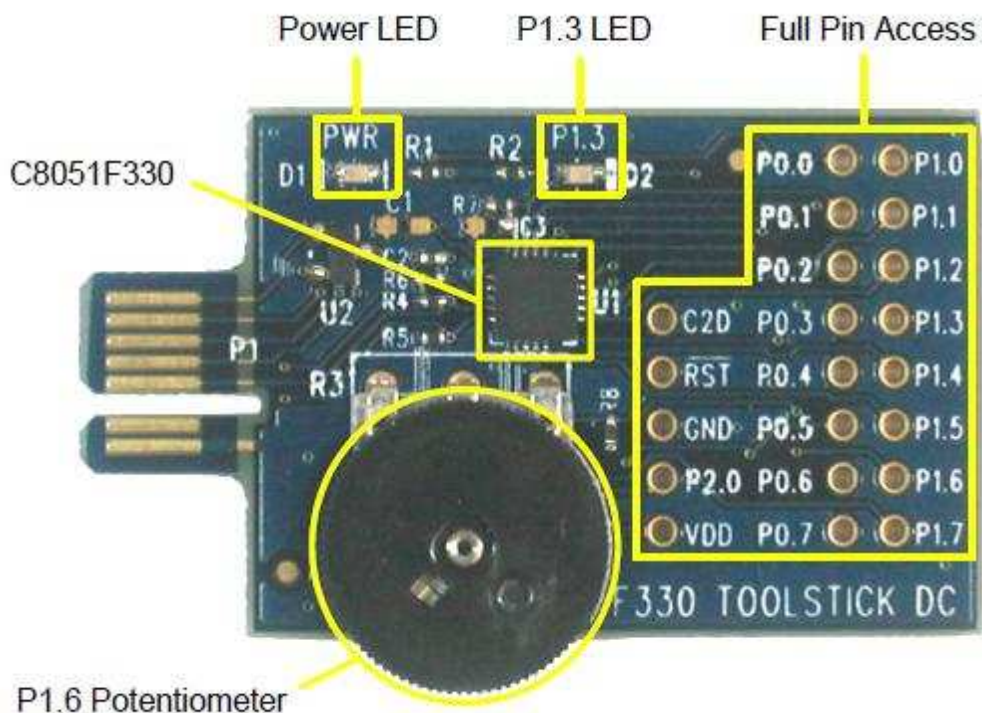


Figura 32. Microcontrolador 8051F330.

En la *Figura 32* se muestra la tarjeta F330 donde se encuentra integrado el microprocesador y distintos componentes.

El microcontrolador tiene una serie de características concretas como son: Arquitectura Harvard, que existen espacios de direcciones separados para código y datos; contiene memoria interna dividida en dos partes, SFR y memoria de propósito general. Los SFR son los registros proporcionados por el microcontrolador y tienen asignadas direcciones en esta parte de la memoria interna. El acceso a esta memoria interna es más rápido que el acceso a la memoria externa, aunque tiene un tamaño limitado. Otra característica del 8051 es que incluye una unidad de proceso booleano permitiendo que operaciones de nivel de bit se ejecuten directa y eficientemente en registros internos. Esta particularidad le ha hecho muy popular al 8051 en aplicaciones de control industrial. Siguiendo con otra de las características de este micro controlador es que tiene cuatro conjuntos separados de registros. A menudo se usa esta característica para reducir la latencia de interrupción, con esto se consigue que la rutina de la interrupción use otro conjunto de registros y así se evita usar la pila de los registros originales.

Otro conjunto de características que incluyen la mayoría de 8051 son, que incluyen una o dos UARTs, dos temporizadores, 128 o 256 bytes de RAM interna (16



bytes direccionables bit a bit). El núcleo 8051 original ejecuta un ciclo de máquina cada 12 ciclos de reloj.

Los micro controladores 8051 modernos ofrecen muchas mejoras sobre el original. Mejoras comunes incluyen watchdog, timers (un temporizador programable que "resetea" el microcontrolador si no se refresca en cierto tiempo), osciladores internos, memoria de programa Flash ROM interna, código de inicialización en ROM, almacenamiento en EEPROM interna, I<sup>2</sup>C, SPI, USB, generadores PWM, conversores analógicos A/D y D/A, relojes de tiempo real RTC, temporizadores y contadores extra, facilidades de depuración internas, más fuentes de interrupción, modos de bajo consumo, interfaz CAN, etc.

El microprocesador debe tener un medidor Analógico-Digital y tener al menos 2 interrupciones que serán las que el usuario active cuando pulse los botones para recoger o desplegar el dispositivo y al menos 16 E/S accesibles para que el micro capte las señales que envíen los sensores fin de carrera. El medidor Analógico-Digital se podrá utilizar en futuras ampliaciones como puedes ser el introducir un sensor de presencia en el dispositivo para que éste no colisione con algún objeto.

Este micro cumple con bastante solvencia los requisitos de nuestro sistema. Este micro tiene 17 I/O Digitales, 4 timers, un sensor de temperatura, un convertidor A/D y una serie de características mostradas en el datasheet situado en el anexo.

Este micro cumple con creces todas las necesidades del sistema. Junto al micro se ha utilizado un entorno de desarrollo que incluye un kit de programación Toolstick. Toda la información necesaria del fabricante se encuentra en la referencia [12].

El programa descargado en el 8051F330 se ha realizado en lenguaje C. El entorno de desarrollo utilizado para dicha programación es el Silicon Laboratories IDE.

#### **4.1.2. Placa de desarrollo.**

El micro controlador se ha integrado en una placa de desarrollo para un correcto funcionamiento del mismo. En ella se han colocado también una serie de componentes, como son: el botón de reset del micro, el puente H que controla los motores y los condensadores y resistencias necesarias para el funcionamiento de los mismos, además de una serie de conectores para hacer accesibles los pines del micro que funcionan como entradas o salidas.

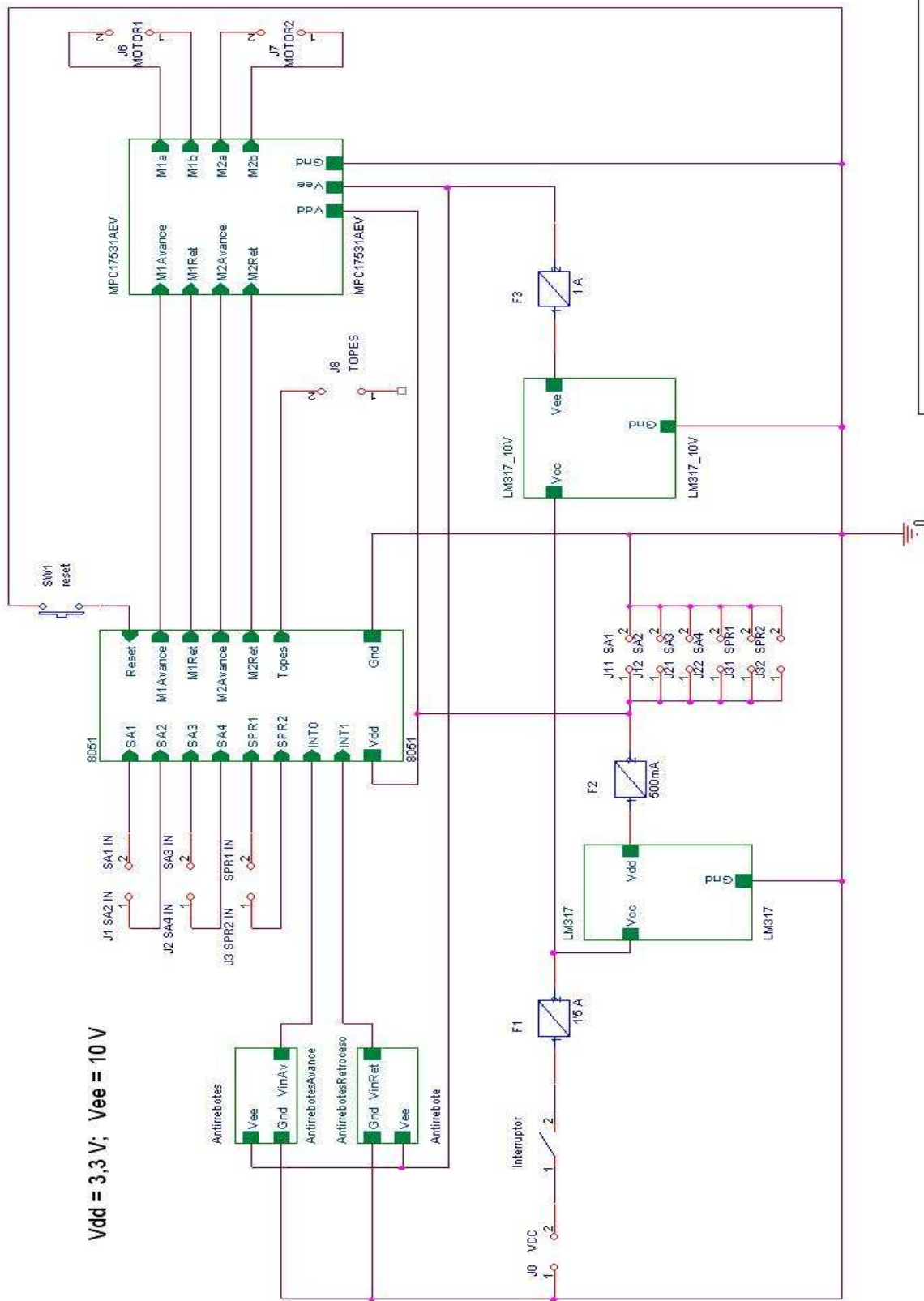


Para el diseño de la placa se ha utilizado el programa de diseño electrónico OrCad. La utilización del programa se estudió durante la carrera de Ingeniería técnica industrial esto nos ha supuesto un avance y ahorro de tiempo a la hora de entender el programa y diseñar los circuitos. OrCad es un software para automatizar el diseño de circuitos electrónicos como el que se ha diseñado.

Para el diseño del circuito completo que se ha integrado en la placa con el micro controlador se ha dividido en varios subcircuitos.

- Circuito antirrebote avance.
- Circuito antirrebote retroceso.
- Regulador de tensión (3,3V)
- Regulador de tensión (10V)
- Etapa de potencia y controlador de motores.
- Microcontrolador 8051.

Cada uno de estos subcircuitos tendrá unas funciones específicas que se expondrán a continuación. Para el diseño del circuito completo se ha dividido el circuito en un diseño jerárquico disponiendo el circuito general en la primera página del diseño y a continuación los subcircuitos descendiendo en la jerarquía del circuito. A continuación se puede ver el circuito general, correspondiente a la *Figura 33*.



Title			
Proyecto fin de carrera: Ayuda técnica			
Size	Document Number	Rev	<RelCode>
C	<Doc>		
Date:	Sunday, February 06, 2011	Sheet	1 of 1

Figura 33. Diseño de plano jerárquico general.



Como se puede observar en el plano hay una serie de de recuadros verdes que simbolizan los subcircuitos. A parte de éstos en la *Figura 33* también se pueden apreciar una serie de conectores. Cada grupo de conectores tiene su función y es detallada en la Tabla 2:

Grupo	Conectores	Función	Nombres
Sensores de posición	J1, J2, J3.	Cada pin de estos conectores dará la información al micro controlador de cómo está el sensor de posición o el sensor de presencia al que esté conectado.	SA1, SA2, SA3, SA4, SPR1, SPR2.
Topes	J8.	La salida necesaria para activar los topes de fijación. Bloquearán el sistema mecánico cuando no se utilice el dispositivo. No se han implementado en este diseño. Se hará en un trabajo futuro.	Topes.
Alimentación de los motores.	J6, J7.	Estos conectores serán el punto de conexión entre los motores y el controlador MPC17531AEV. Será el puente H y será el que de paso a la corriente que alimenta los motores.	Motor1, Motor2.
Alimentación del sistema.	J0.	Conector que alimenta a todo el sistema, ya que la batería se conectará directamente a este conector.	Vcc.



Alimentación de los sensores.	J11, J12, J21, J22, J31, J32.	Serán los conectores donde se conectará la alimentación de los sensores de presencia.	SA1, SA2, SA3, SA4, SPR1, SPR2.
-------------------------------	-------------------------------	---	---------------------------------

*Tabla 2. Descripción de los conectores del circuito.*

En el diseño jerárquico se observa también el interruptor que hemos utilizado como botón de Reset del microcontrolador SW1. El plano jerárquico con todos los planos de los subcircuitos se presentan al final del documento en los anexos para una mejor visualización.

- Circuitos antirrebote:

Los circuitos de antirrebote, se han diseñado para que cuando el usuario del dispositivo presione el botón de desplegar o de recoger el dispositivo esto se lleve a cabo sin tener que presionar varias veces el pulsador porque el micro no reciba la información de manera correcta.

La idea del circuito es que cuando se pulse el botón al micro controlador no le llegue una señal con varios escalones, si no con uno sólo y que lo pueda identificar correctamente para que éste a través del software mande las señales que correspondan a los motores.

El circuito antirrebote diseñado corresponde a un filtro, con dos resistencias y un condensador que será que el amortigüe la señal para que no se produzca más de un escalón. El circuito estará normalmente abierto, es decir, el pin del micro estará a tierra recibiendo un cero. Cuando el usuario pulse el botón, se cerrará el circuito, el condensador se cargará y el pin del micro controlador se pondrá por un momento a uno. Una vez soltado el pulsador el circuito se vuelve a abrir por lo que se provocará la descarga del condensador. En este momento será cuando el micro controlador reciba el flanco de bajada, produciéndose la interrupción, lo cual se explicará más adelante en el diseño y configuración del software.

Hay un conector en cada uno de los circuitos de antirrebote, porque será dónde se conecten los pulsadores. El J20 será para el pulsador que hará que comience la



maniobra de despliegue o de avance del dispositivo. El conector J21 será el conector al que se conectará el pulsador de retroceso o recogida.

En la siguiente *Figura 34* podemos observar cómo es el circuito antirrebote diseñado. Los valores de la resistencias y del condensador son valores determinados por la constante de tiempo: cuanto mayor fueran estos valores, mayor será la constante de tiempo. Hay que llegar a un compromiso porque si dicho tiempo es extremadamente grande, el micro no percibirá el cambio, es decir, el flanco de bajada. Ya que habría que contar demasiados ciclos.

Para el cálculo de la constante de tiempo se han realizado los siguientes cálculos.

La ecuación de descarga de un condensador es la siguiente:

$$V_c = V_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

Siendo:

$\tau = R \cdot C$  = Constante de tiempo.

$R = 5,6 \text{ KOhm}$ .

$C = 100 \text{ nF}$ .

Entonces:

$$5 \cdot R \cdot C = 2'8 \cdot 10^{-3} \text{ seg.}$$

Al dar estos valores a los componentes si hacemos el cálculo de  $5 \tau$ , que es cuando se estabiliza el sistema, será lo suficientemente pequeña como para que el micro perciba el escalón y el flanco de bajada, pero sin que se produzca más de un escalón.



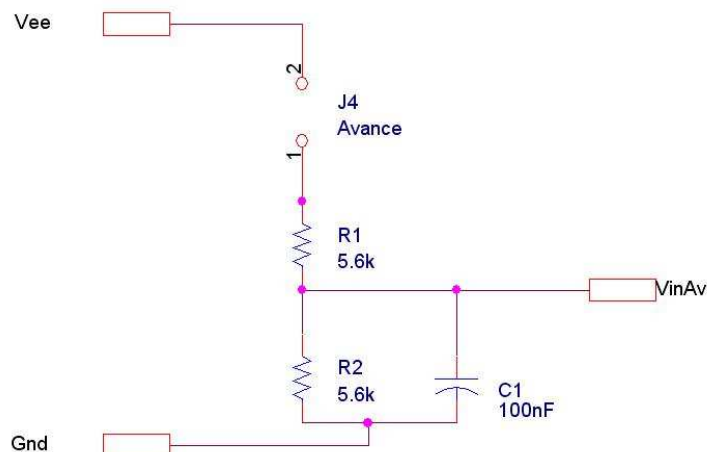


Figura 34. Circuito antirrebote Avance.

El pin que aparece en la figura como VinAv representa el pin de entrada en el microprocesador que será el pin P0.6.

- Reguladores de tensión:

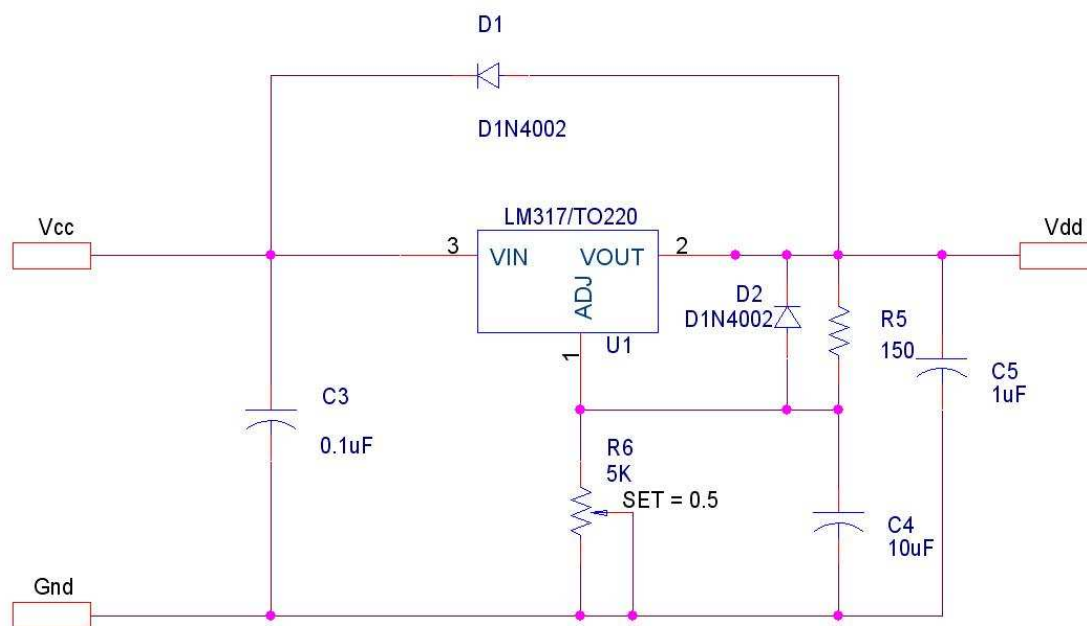
La función de estos circuitos será estabilizar la tensión que proporciona la batería de 12 voltios a las tensiones de alimentación necesarias para cada componente o subcircuito. Se han dispuesto dos circuitos reguladores de tensión por las diferentes especificaciones de cada componente. Un ejemplo claro es la diferencia entre los motores, que serán alimentados a 10 voltios, y los componentes como el micro procesador y el MPC17531, que se alimentan a 3,3 voltios. Además de la alimentación de estos dos componentes las señales lógicas que se utilizarán serán a 3,3 voltios de tensión. Estas señales por ejemplo serán las de los sensores de posición. El utilizar 3,3 voltios para las señales lógicas y no a 5 voltios se debe a que los controladores requieren alimentarse a 3,3 y eso hacía que nos ahorráramos en el diseño tener que implementar otro regulador de tensión más. Por ello utilizamos señales lógicas de 3,3 V.

El componente principal de estos subcircuitos es el LM317. La decisión de poner este regulador de tensión y no otro se debe a que por sus características se ajusta perfectamente a las necesidades del circuito diseñado. Además ya lo conocíamos de las prácticas realizadas durante la carrera. Algunas características de

este componente se describen a continuación. Una de ellas y bastante interesante es que se puede regular la tensión de salida con el potenciómetro que se conecta a la patilla 1. Con esto podemos regular la velocidad de los motores sin necesidad de tener que hacerlo por software mediante una PWM, siendo así siempre accesible vía hardware el poder controlar la misma para futuros ajustes para comodidad del usuario.

De esta manera, controlando el ritmo de la velocidad de los motores a través de los reguladores se consigue adaptarnos al usuario, a su velocidad, y que el dispositivo sea el que se adapte a él y no al revés. Ya que a lo largo del diseño se ha pensado en un diseño para todos y también teniendo en cuenta la opinión de el usuario final de este caso en particular.

Los componentes que hay que añadir al LM317 y sus valores vienen definidos en la hoja de características del mismo. En la *Figura 35* se observa de que manera habría que colocar los componentes necesarios para el regulador según indica el fabricante.



*Figura 35. Circuito regulador de tensión.*

Algunas características del LM317 son, entre otras, que es un regulador ajustable de tres terminales capaz de suministrar más de 1,5 A en un rango de entre 1,2 V hasta 37 V. Sólo requiere dos resistencias exteriores para conseguir el valor de

salida. De hecho la línea de carga y regulación es mejor que en los reguladores fijos. Además de las mejores características respecto a los reguladores fijos, dispone de protección por limitación de corriente y exceso de temperatura, siendo funcional la protección por sobrecarga incluso si el terminal de regulación está desconectado. Normalmente no necesita condensadores mientras esté a menos de 15 centímetros de los filtros de alimentación. Nosotros hemos decidido poner los condensadores para un mejor filtrado de la tensión de entrada. Dado que es un regulador flotante y le llega únicamente la entrada a la salida del voltaje diferencial, se puede utilizar para regular altas tensiones mientras no se supere el diferencial de entrada/salida.

- Etapa de potencia y controlador motores:

Para controlar los motores se va a utilizar un controlador de motores con un puente H. Este controlador es el MPC17531AEV, *Figura 36*.



*Figura 36. Encapsulado del MPC17531AEV*

En la siguiente *Figura 37* se observa un diagrama de bloques interno, ofrecido por el fabricante en su catálogo. En el podemos ver el puente H a la derecha y la lógica de control a la izquierda. La lógica de control hará que se abran o se cierren los transistores permitiendo el paso de corriente para alimentar los motores.

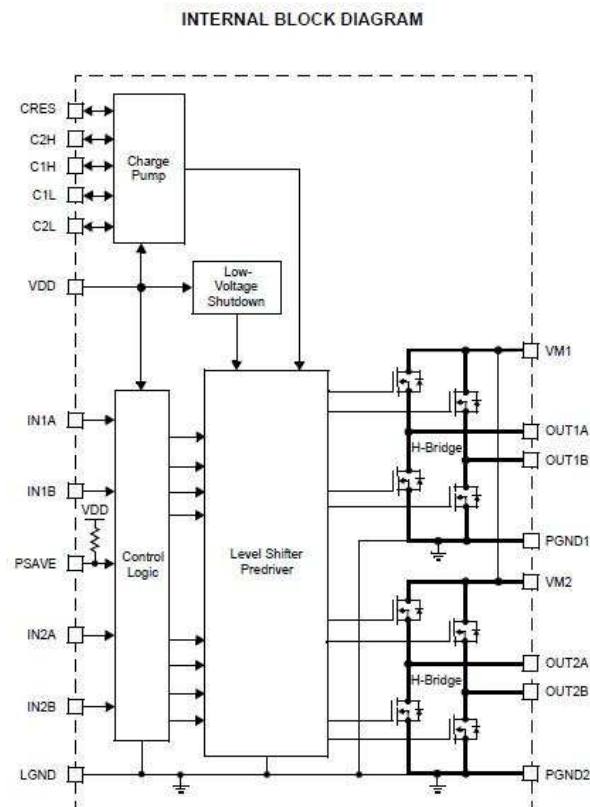


Figura 37. Diagrama de bloques interno.

Con esto conseguiremos controlar qué motor y en qué sentido queremos hacer girar los motores. Ya que el controlador está conectado al micro8051 que será el que envíe la señal del motor que queremos mover. Entonces con el MPC17531 que funciona como interruptor mediante la configuración adecuada dirigirá la corriente para hacer girar un motor u otro. La Figura 38 muestra como se integrará el controlador de los motores en el sistema. El MCU representa al micro controlador 8051.

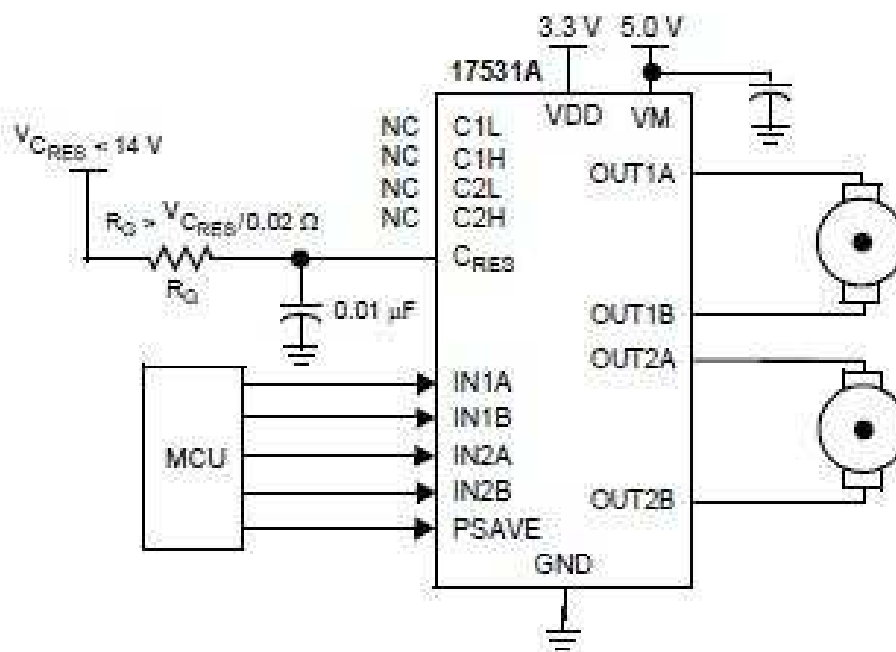


Figura 38. Esquema del sistema en el que se integra el MPC17531

El MPC17531 mediante la lógica de control y el puente H entregará, al motor que haga falta mover, la suficiente corriente a través del puente H, ya que los transistores funcionan como interruptores. El controlador hará de intermediario entre el micro controlador 8051 y los motores. Es necesario situar el MPC entre el micro y el 8051 por que el 8051 no es capaz de suministrar más de 3'5V de tensión de salida por sus pines. Con el MPC podemos llegar a suministrar hasta 10 V y 0'7 A de corriente, suficiente para mover los motores. Para más características técnicas ver la hoja de características del MPC17531AEV que se adjunta en el anexo del documento. De esta manera conseguimos que el 8051 no entregue directamente la corriente que demandan los motores, pues no podría suministrar la requerida por ellos. La disposición interna del controlador podemos observarla en el siguiente diagrama de bloques:

Todos los componentes electrónicos que hay que poner en los pines del controlador se muestran en el siguiente esquema. Los valores vienen asignados en la hoja de características del componente MPC17531AEV.

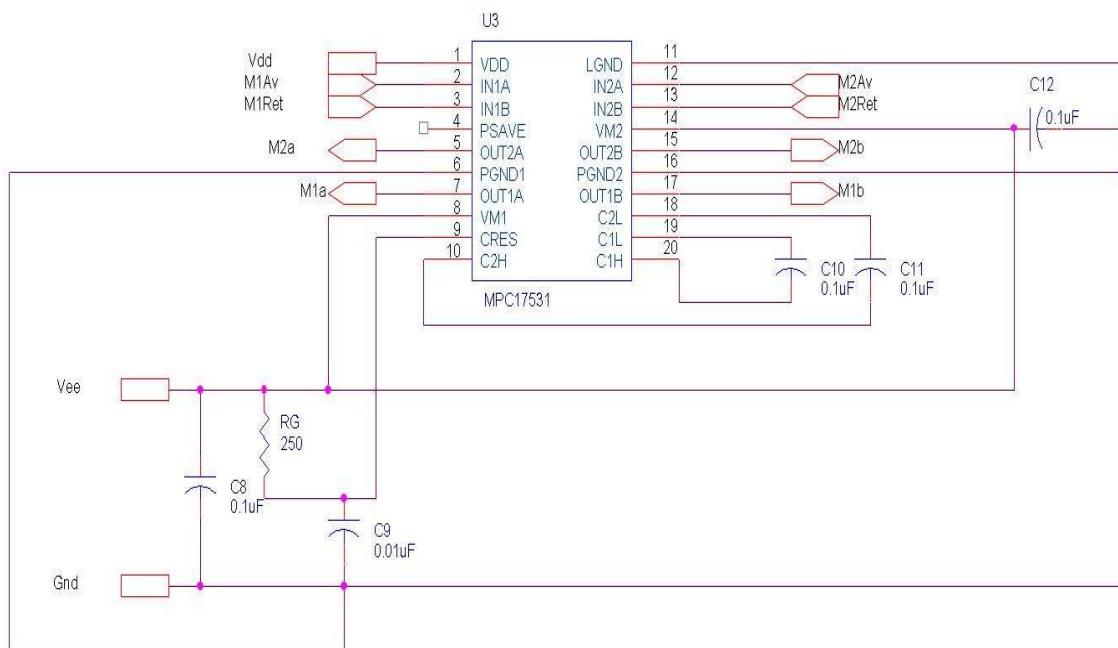


Figura 39. Esquema electrónico de la etapa de potencia y controlador.

Ahora que ya se han explicado todas las partes del esquemático diseñado, se ha procedido al diseño y disposición de los componentes en la placa. Una vez que ya se ha diseñado el circuito en OrCad Capture CIS, las huellas, que se definen en la aplicación Library Manager de Orcad, deben coincidir con las dimensiones reales del componente, la distancia entre pines y número de ellos, superficie a ocupar en la placa, calibre del taladro, etc.

Todas estas dimensiones se han sacado de las hojas de características de cada componente, ver anexos adjuntos. En la Figura 40 tenemos un ejemplo de la huella de uno de los componentes.

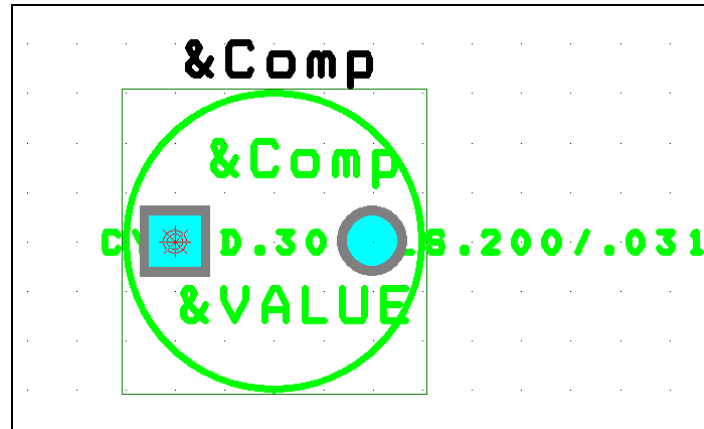


Figura 40. Ejemplo de huella.

Debido al tamaño del MPC17531AEV y al tipo de encapsulado se ha tenido que crear la huella del componente y se ha dispuesto en una placa más pequeña con una serie de conectores en paralelo para poder situar el componente en la placa general de una forma accesible y cómoda.

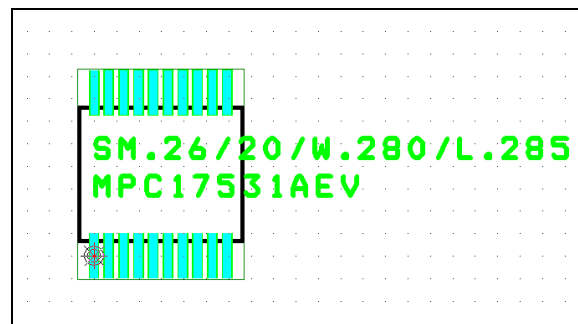


Figura 41. Huella de MPC17531AEV.

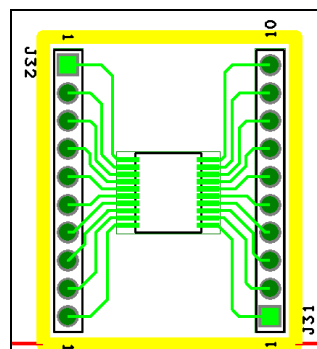
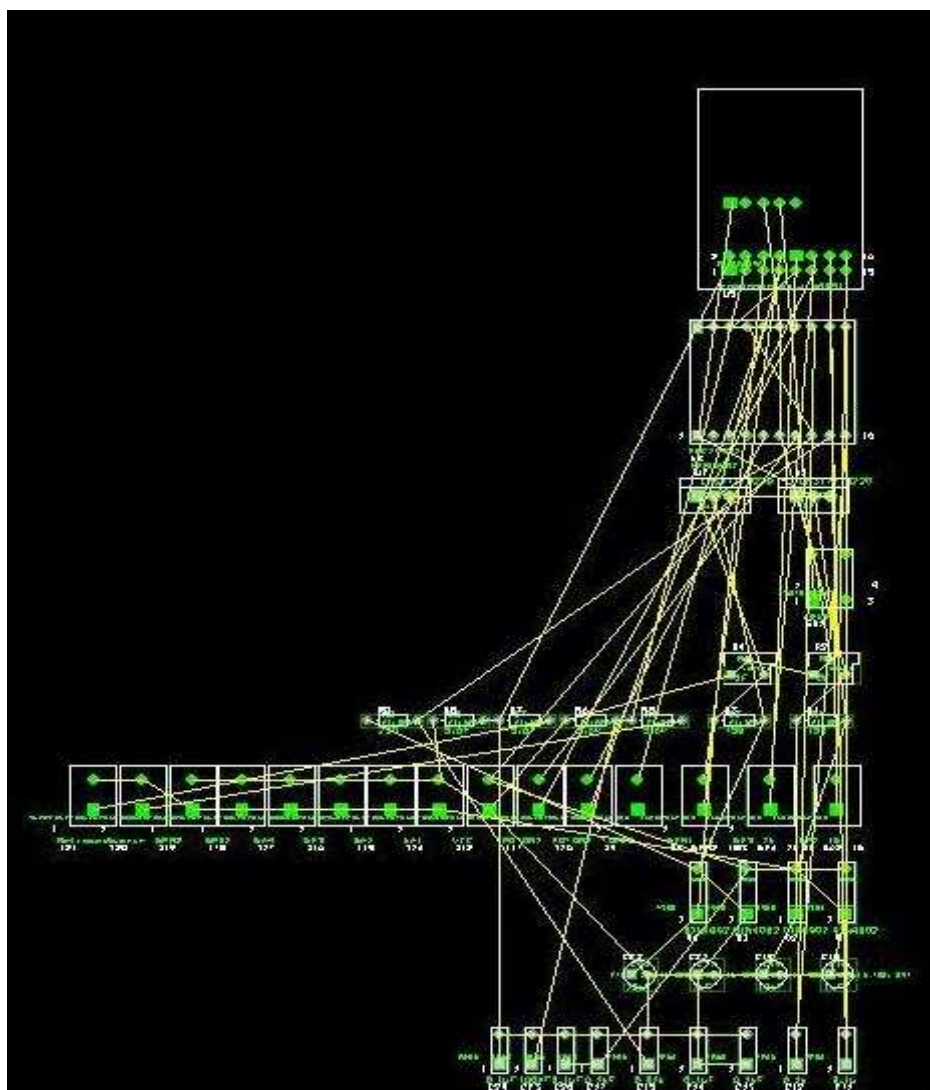


Figura 42. Imagen de la placa para el MPC17531AEV

Se han tenido que crear las huellas de la placa en la que está situado el MPC17531AEV y la del Toolstick F330 en la que se integra el micro procesador 8051. Para la creación de huellas nuevas se ha utilizado el Orcad Layout igual que para el emplazamiento de los componentes.

Cuando todas las huellas están listas se relacionan con cada componente y cada pad (huella representativa de un futuro taladro) con su correspondiente patilla, para así poder pasar el esquema de Capture Cis a la aplicación *Layout* de Orcad. El primer aspecto del circuito en LayOut se puede ver en la *Figura 43*.

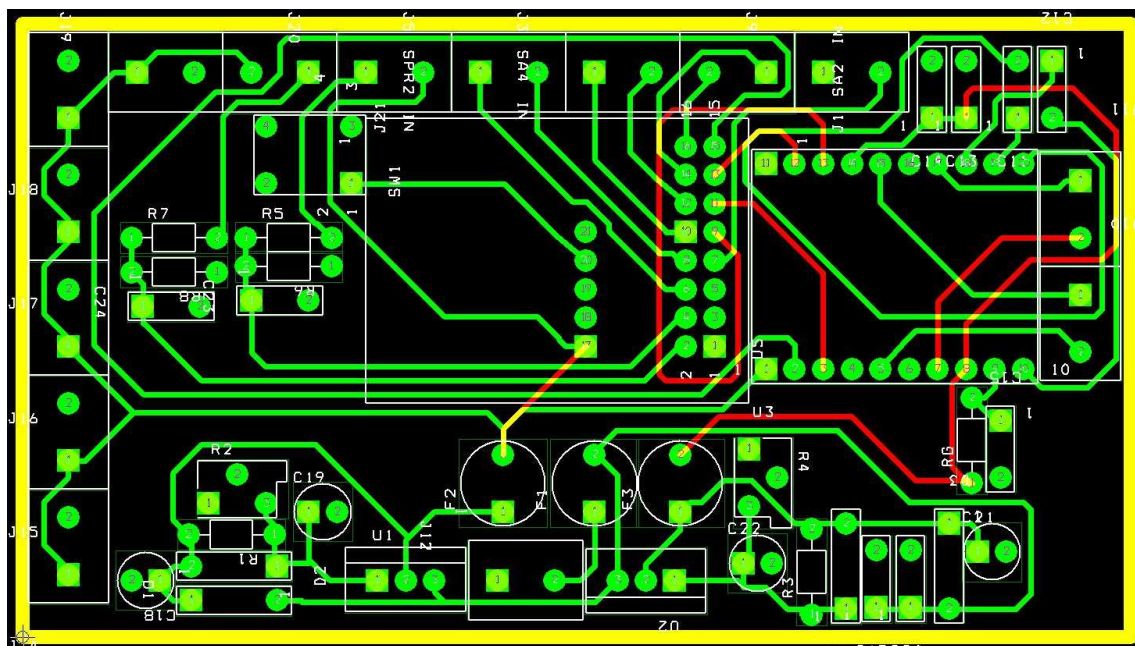


*Figura 43. Placa primitiva.*

Una vez que nuestro esquemático tiene forma, aunque desordenada, de placa de componentes físicos, empezamos a ordenar de la forma más lógica posible cada



componente. Para que resulte más fácil se sigue una norma muy sencilla, intentar que los bloques formados en el esquema de Capture Cis sigan siendo un bloque en Layout, de esta forma lo asemejaremos lo más posible a la realidad. Cuando los componentes están colocados y orientados en la forma más adecuada se pueden empezar a rutar las pistas que unen los componentes. Estas pistas se nos muestran inicialmente en amarillo, como muestra la *Figura 43* y se vuelven rojas o verdes, según sean de la capa TOP o Bottom, una vez que se han conectado correctamente, *Figura 44*. Un aspecto muy importante en el rutado de las pistas de conexión es el grosor que se les da, haciendo pistas más gruesas para caminos de alimentación o potencia. También es esencial definir un tamaño de *pad* adecuado para el tipo de patilla o componente, dejándolos con más cobre para aquellos componentes que tengan patillas anchas y requieran taladros mayores. Para una mayor simplicidad a la hora de diseñar la placa se ha decidido utilizar las dos caras de la misma, de esta manera el diseño ocupa un menor espacio y las pistas son menos enrevesadas.



*Figura 44. Pistas rutadas. Verdes en Top y Rojas en Bottom.*

Cuando todas las pistas han sido rutadas la placa muestra el aspecto de las *Figura 45* y *Figura 46*. Representan la cara superior (top), donde están la mayoría de las pistas, y la inferior (Bottom) donde van los componentes. Es en esta última cara donde van los componentes, extendiendo además a la masa del circuito mediante un área de cobre que cubre toda la placa que queda libre. De esta manera se eliminan muchos de los efectos capacitivos producidos por las líneas paralelas de pistas. En la *Figura 47* se aprecia la masa.

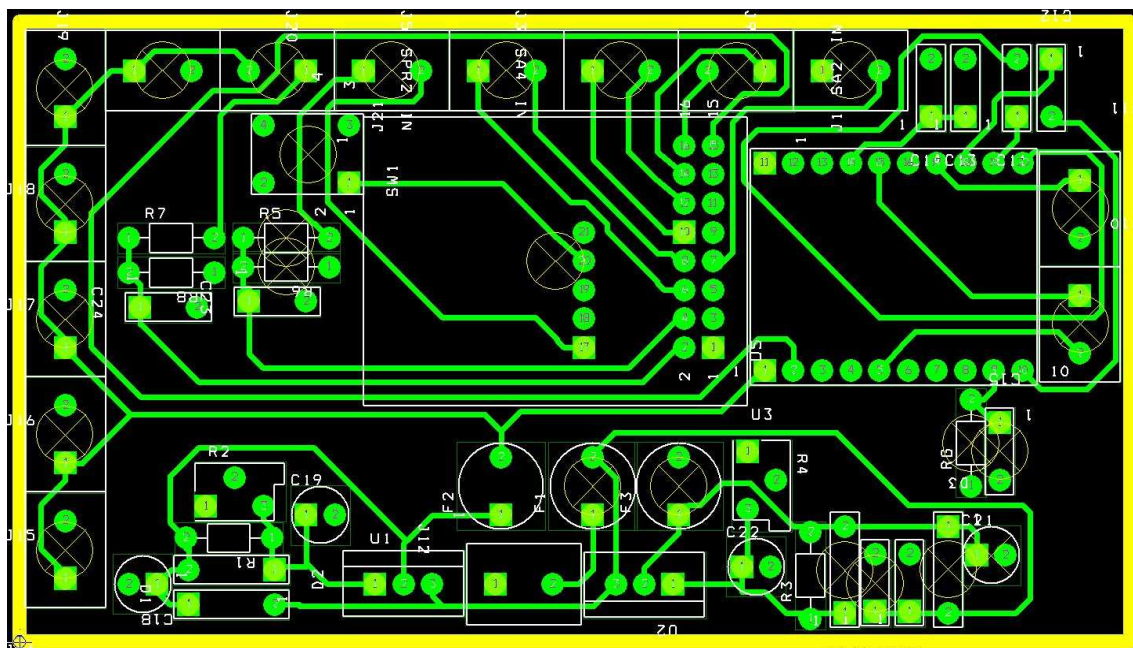


Figura 45. Cara TOP.

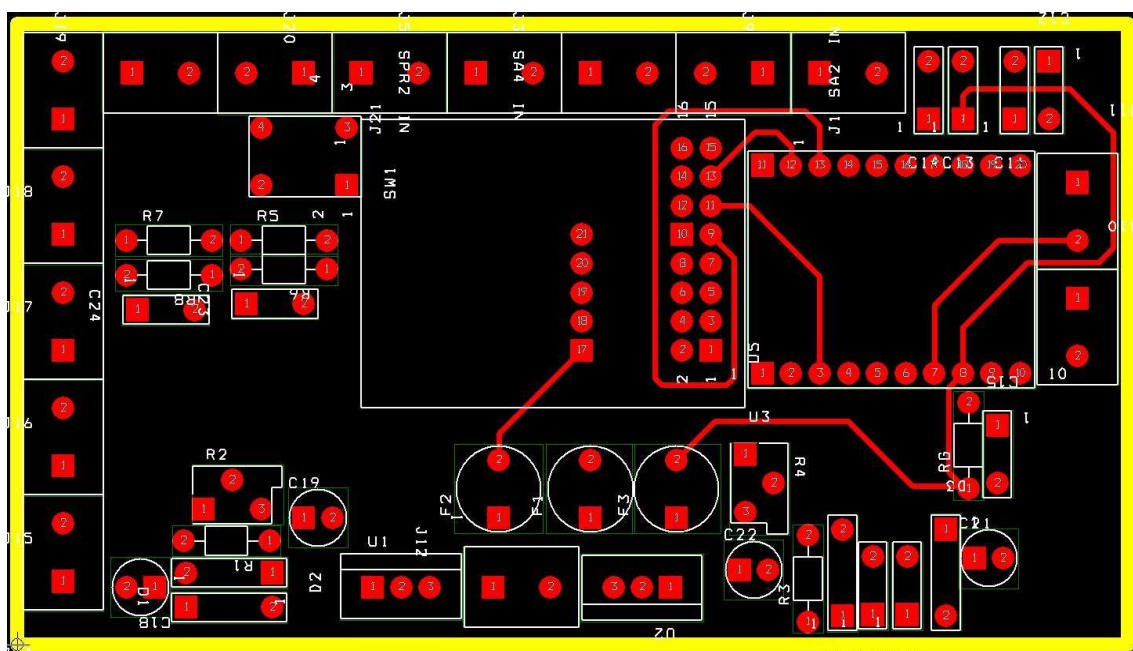
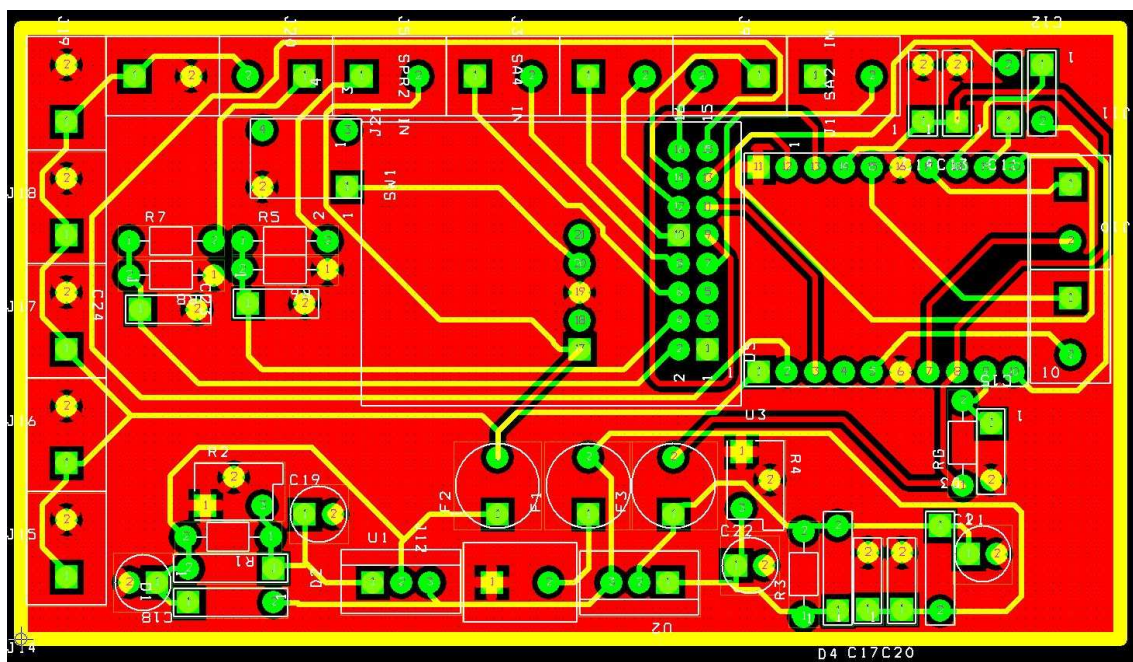


Figura 46. Cara Bottom.



*Figura 47. Cara Bottom con plano de masa.*

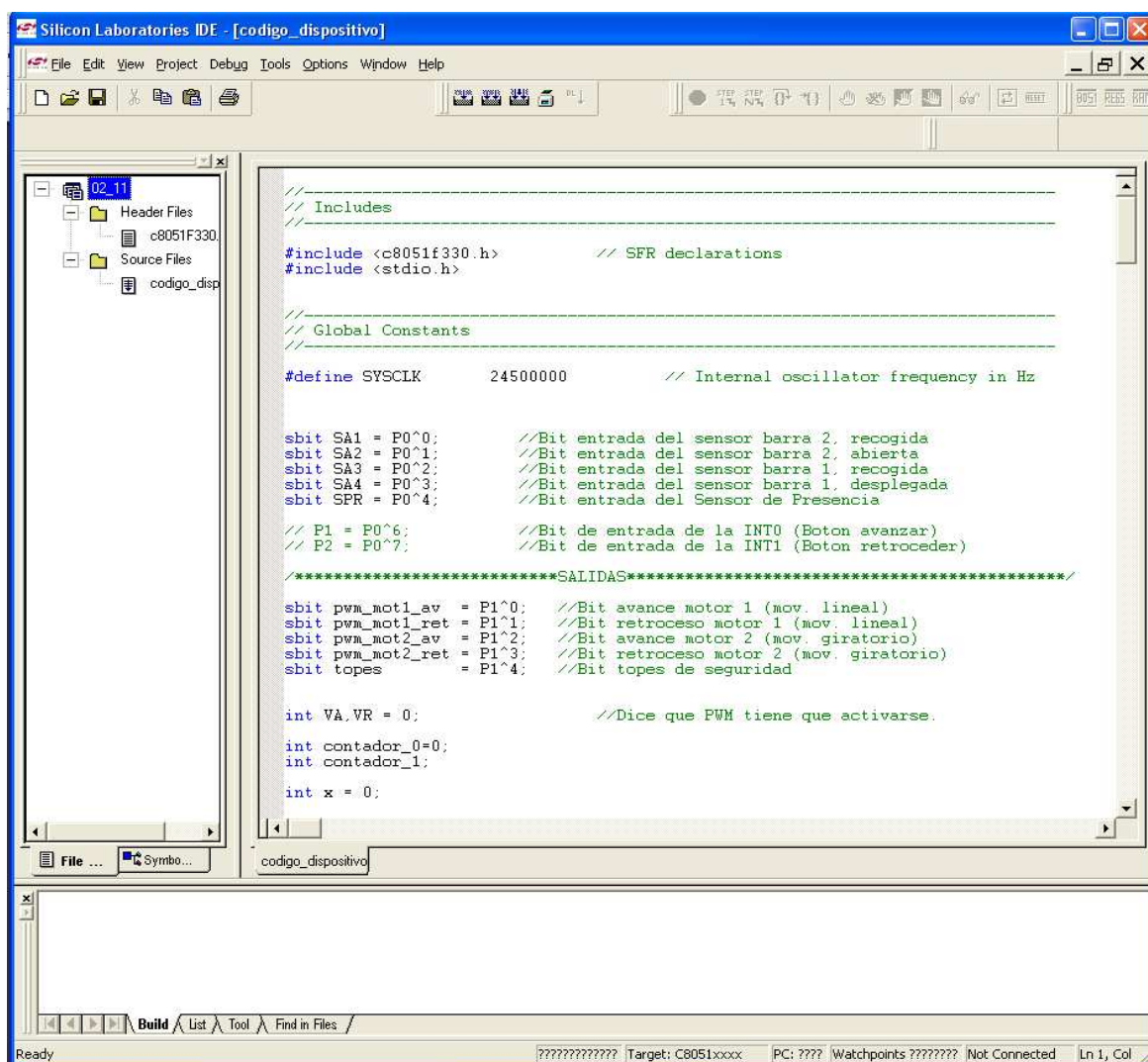
Los archivos con extensión .MAX del diseño de las placas se entregan a los maestros de laboratorio de Oficina Técnica en la Universidad Carlos III para su fabricación con placa a doble cara en base de fibra de vidrio.



## 4.2. Diseño software

El software del sistema se ha diseñado en un entorno facilitado por Silicon Labs [11]. Se han utilizado principalmente dos herramientas: Configuration Wizard y Silicon Laboratories IDE ver *Figura 48*.

Para visualizar, editar y compilar el código, escrito en lenguaje C, se ha utilizado la herramienta Silicon Laboratories IDE. A través de esta, se pueden crear o cargar proyectos, en los que se añaden archivos C, de texto, etc, que se compilarán o no a gusto del usuario.



*Figura 48. Imagen del entorno de trabajo Silicon Laboratories IDE.*

Mediante esta herramienta, se puede observar los puertos del micro y realizar una visualización “Step by Step” del programa, analizando el comportamiento de los distintos recursos del micro.

Para estudiar los acontecimientos que se tienen que ir produciendo al utilizar el dispositivo se realizó un diagrama de estados. Además con el diagrama de estados el desarrollo correcto del programa es más visual e intuitivo.

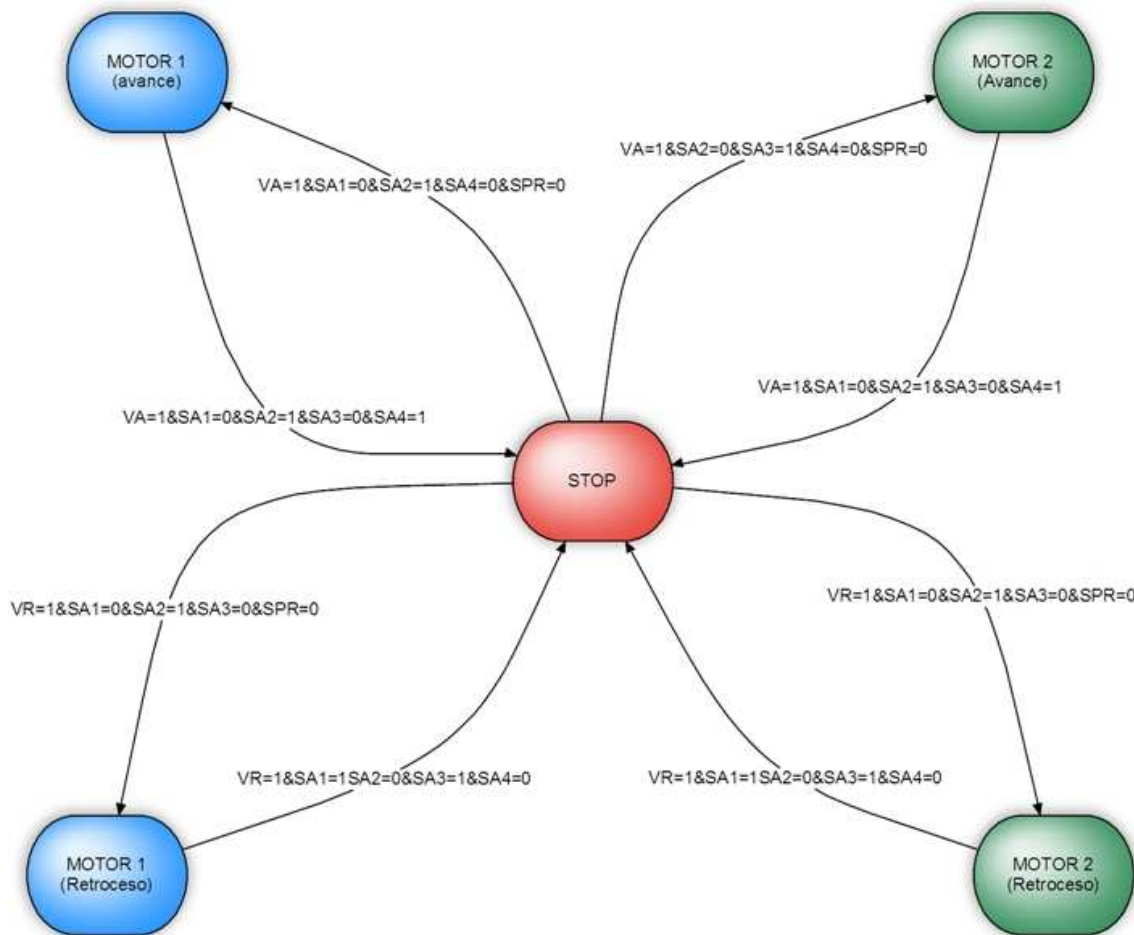


Figura 49. Diagrama de estados.

En el diagrama de estados, *Figura 49* se observa qué sensores tienen que estar a nivel alto y cuales a nivel bajo para se vayan sucediendo los estados según se va moviendo cada parte del dispositivo. De esta manera conseguimos que el dispositivo haga el recorrido de avance y de retroceso.

A continuación se detalla el diagrama de flujo de la función `main()`; de la función `PWM` y de las rutinas de atención a interrupción.

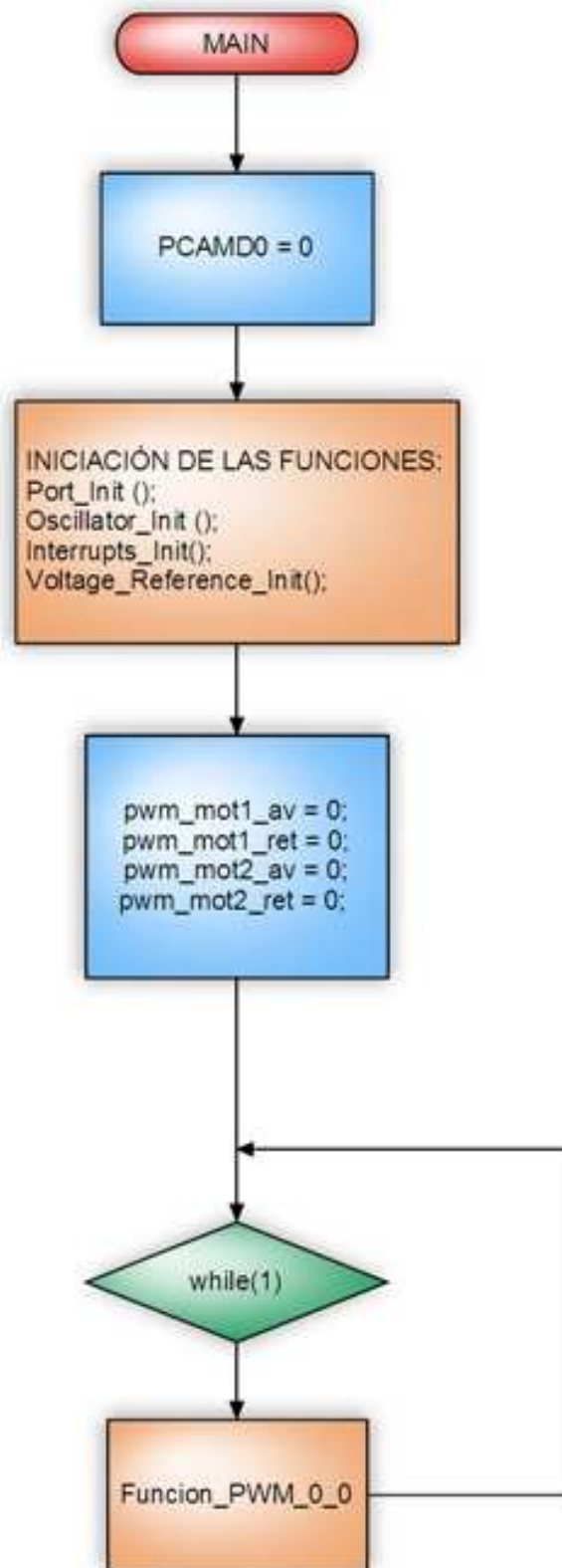


Figura 50. Diagrama de bloques de la función Main.



En la función `main()`, *Figura 50*, al comenzar se deshabilita el watchdog timer, se llaman a las funciones que se han comentado y explicado antes, para que el micro quede configurado de la forma que se desea. Se ponen todos los pines de salida a cero, ya que por defecto el microprocesador siempre que se inicialice o se resetee pondrá los pines a uno.

Después se entra en un bucle `while` infinito, para que el micro solo atienda a los estados que hagan moverse a los motores o los detenga. A continuación se explica la función `Funcion_PWM_0_0` con un diagrama de bloques, *Figura 51*, *Figura 52*, *Figura 53*. En la función PWM están los seis movimientos necesarios: motor 2 avance, motor 1 avance, final del movimiento avance (todo detenido), motor 1 retroceso, motor 2 retroceso, final del movimiento retroceso (todo detenido). Se han dispuesto en este orden porque es como funcionarán los motores de forma cronológica. Aunque el orden en el programa no importa demasiado ya que si no se reúnen las condiciones se saltará al siguiente estado o movimiento.

Además los cuatro estados de movimiento de motores tienen configurada una salida PWM con un ciclo de trabajo del 50% pudiéndose modificar este porcentaje en caso de querer aumentar la velocidad del dispositivo, aparte del control hardware de la velocidad mediante un potenciómetro, ya descrito. Esto se consigue con la constante `contador_0`.

Cuando el programa esté dentro del bucle el pin que activa el motor estará activo sólo hasta que el valor del contador haga abandonar el bucle poniendo a cero el pin.

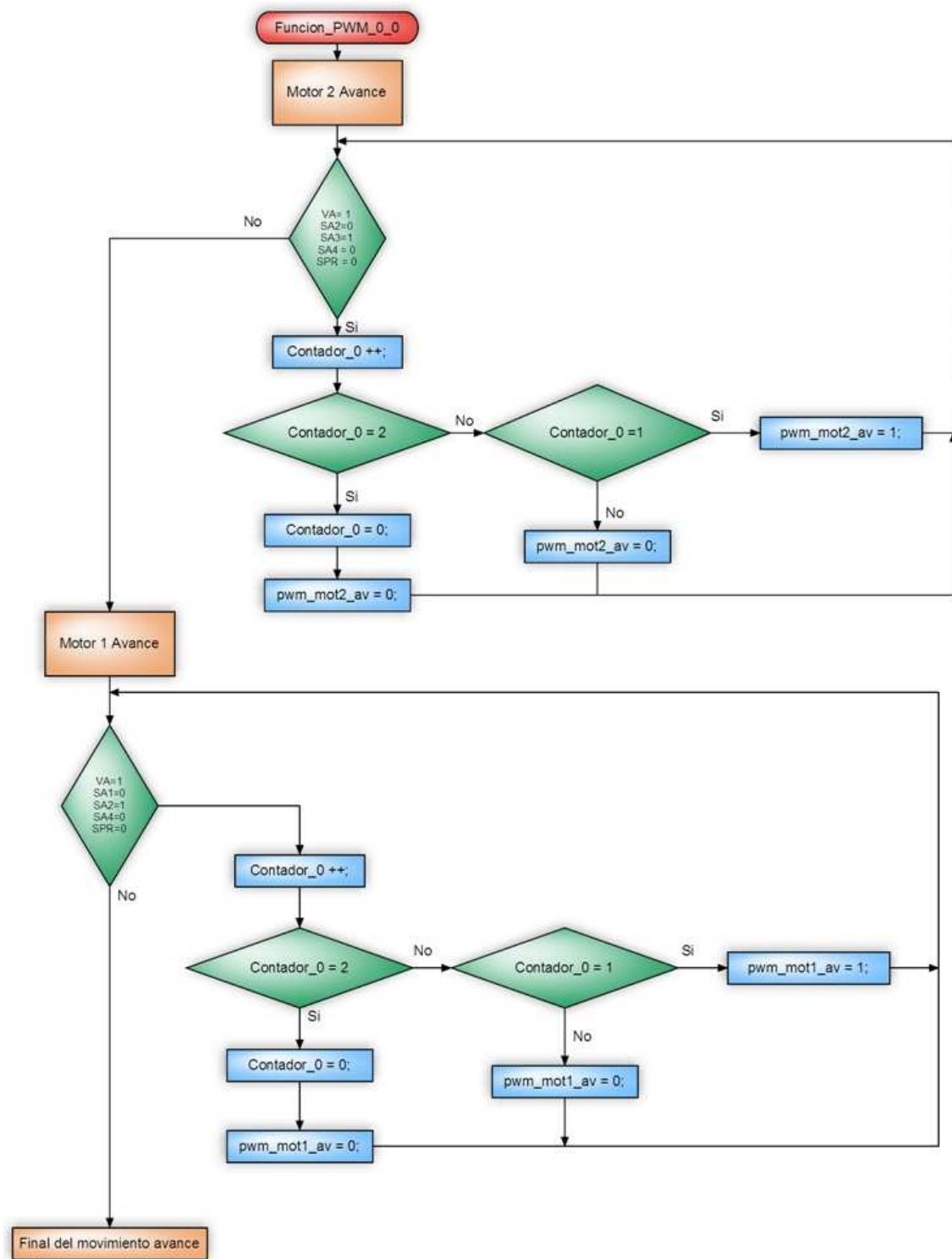


Figura 51. Diagrama de bloques de la función PWM.



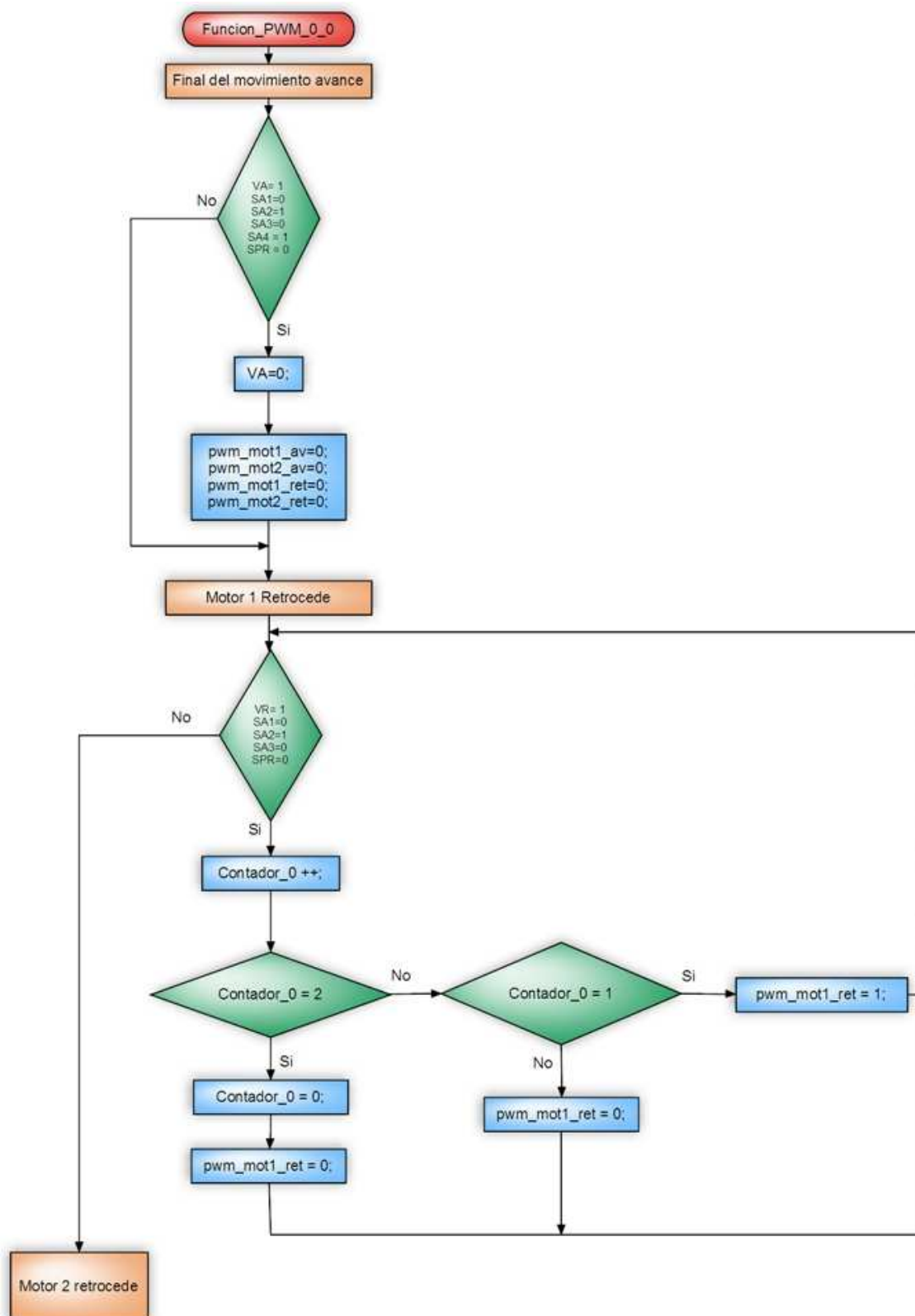


Figura 52. Diagrama de bloques de la función PWM.

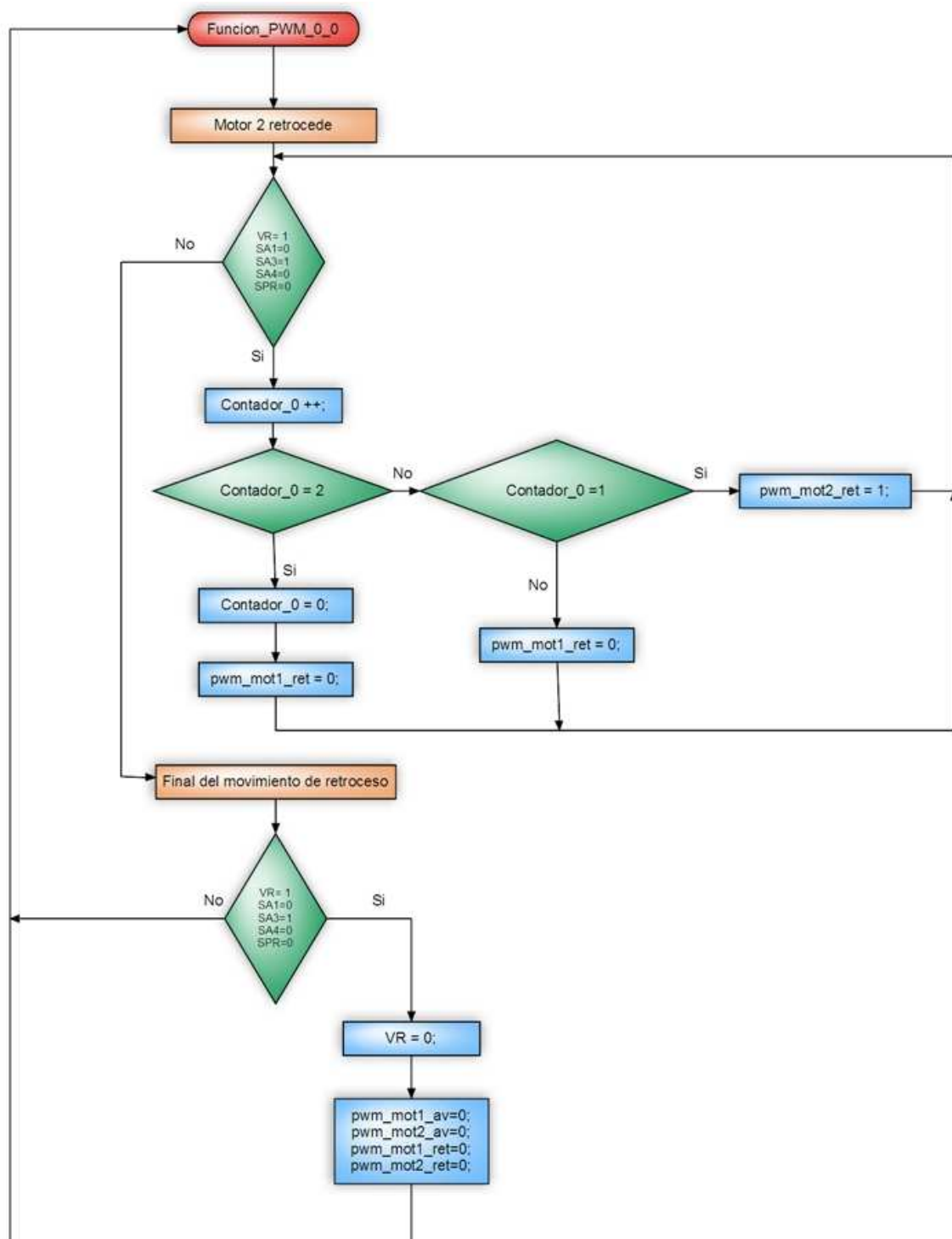


Figura 53. Diagrama de bloques de la función PWM.

Los registros se han configurado manualmente siguiendo el manual que proporciona SiLabs para el 8051F33X. Los registros se han configurado en subrutinas, En cada una de estas subrutinas se configuran una serie de registros según sus funciones. Las subrutinas se declaran al comienzo del programa (ver Figura 50)



después de haber definido la frecuencia del oscilador interno y las constantes globales. Estas subrutinas son las siguientes:

```
//-----  
// Function Prototypes  
//-----  
  
void OSCILLATOR_Init (void);  
void PORT_Init (void);  
void Interrupts_Init(void);  
void Voltage_Reference_Init(void);
```

En cada subrutina se configuran una serie de registros como se detalla a continuación. Los números que configuran los registros están escritos en hexadecimal y el primer número se referirá a la parte alta del byte y el segundo hará referencia a la parte baja del byte.

En la subrutina `OSCILLATOR_Init` se configuran los registros `OSCICN` y `CLKSEL` que habilitarán el oscilador interno a una frecuencia determinada.

`OSCICN = 0x83;`

El Oscilador Interno habilitado y con la frecuencia dividida entre 1.

`CLKSEL = 0x00;`

Selección del Oscilador Interno de Alta-Frecuencia.

En la subrutina `PORT_Init` se configuran los pines de los puertos 0 y 1. Para que el micro sepa si son entradas o salidas y de qué tipo son, los registros que se configuran en esa subrutina son los siguientes:

`P1MDOUT = 0xFF;`

Con este registro así configurado queda todo P1 como salida Push-Pull digital.

`XBR1 = 0x40;`

Con esta configuración quedan los puertos habilitados como Pull-ups el Crossbar habilitado, y quedan disponibles los pines de T0, T1, PCA0 y el módulo PCA.



En la siguiente subrutina, Interrupts\_Init los registros que se configuran son:

IE = 0x85;

Al grabar en el registro IE esta información como se puede ver en la descripción del registro y en la *Figura 68*. Habilitamos todas las fuentes de las interrupciones y además se habilitan también las peticiones de la interrupción generadas por las entradas /INT0 e /INT1.

TCON = 0x05;

Al configurar el registro TCON de esta manera conseguimos habilitar las interrupciones cuando se producen por flanco.

IP = 0x01;

Con la siguiente configuración se establece prioridad alta a la interrupción externa 0.

IT01CF = 0xFE;

Configurando el registro IT01CF establecemos el pin en el que queremos que se tengan en cuenta las interrupciones y a qué nivel (alto o bajo) será activa la entrada. Para la /INT0 se asigna el pin P0.6 y para la /INT1 se asigna el pin P0.7.

Por último, la subrutina Voltage\_Reference\_Init servirá para asignar una tensión de referencia.

REF0CN = 0x08;

Con este registro así configurado el micro tomará como tensión de referencia VDD, es decir, 3,3 voltios.

Finalmente los pines del microprocesador quedan configurados de la siguiente manera. Los que funcionarán como entradas son los siguientes:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN	PUERTO
SA1	Sensor en la pieza C, indica si A y B están recogidas en la pieza C.	P0.0



SA2	Sensor en la pieza C, indica si B está abierta y al final de su recorrido.	P0.1
SA3	Sensor en la pieza B, indica la posición recogida de A.	P0.2
SA4	Sensor en la pieza B, indica la posición desplegada de A.	P0.3
SPR	Sensor de presencia.	P0.4
P1	Hace avanzar el brazo y lo detiene. Configurado como entrada de /INT0.	P0.6
P2	Hace retroceder el brazo y lo detiene. Configurado como entrada de /INT1.	P0.7

*Tabla 3. Configuración final de las entradas.*

Los puertos que funcionan como salidas del micro serán los siguientes:

SALIDAS	DESCRIPCIÓN	PUERTO
pwm_mot1_av	Avance del motor 1.	P1.0
pwm_mot1_ret	Retroceso del motor 1.	P1.1
pwm_mot2_av	Avance del motor 2.	P1.2



pwm_mot2_ret	Retroceso del motor 2.	P1.3
topes	Topes de seguridad.	P1.4

*Tabla 4. Configuración final de las salidas.*

Estas entradas y salidas quedan declaradas al comienzo del programa. También se utilizan constantes para el correcto desarrollo del programa. A cada pin sea entrada o salida se le asigna una constante para que el programa lo reconozca. Esto se establece en la siguiente parte del programa:

```
//-----
// Global Constants
//-----

#define SYSCLK 24500000 //Internal oscillator frequency in Hz

sbit SA1 = P0^0; //Bit entrada del sensor pieza B, recogida
sbit SA2 = P0^1; //Bit entrada del sensor pieza B, abierta
sbit SA3 = P0^2; //Bit entrada del sensor pieza A, recogida
sbit SA4 = P0^3; //Bit entrada del sensor pieza A,
                  //desplegada
sbit SPR = P0^4; //Bit entrada del Sensor de Presencia

// P1 = P0^6; //Bit de entrada de la INT0
// P2 = P0^7; //Bit de entrada de la INT1

/*****SALIDAS*****/

sbit pwm_mot1_av = P1^0; //Bit avance motor 1 (mov. lineal)
sbit pwm_mot1_ret = P1^1; //Bit retroceso motor 1 (mov.
                          //lineal)
sbit pwm_mot2_av = P1^2; //Bit avance motor 2 (mov. giratorio)
sbit pwm_mot2_ret = P1^3; //Bit retroceso motor 2 (mov.
                          //giratorio)
sbit topes = P1^4; //Bit topes de seguridad
```



```
int VA,VR = 0;           //Dice que PWM tiene que activarse.  
int contador_0 = 0;  
//-----
```



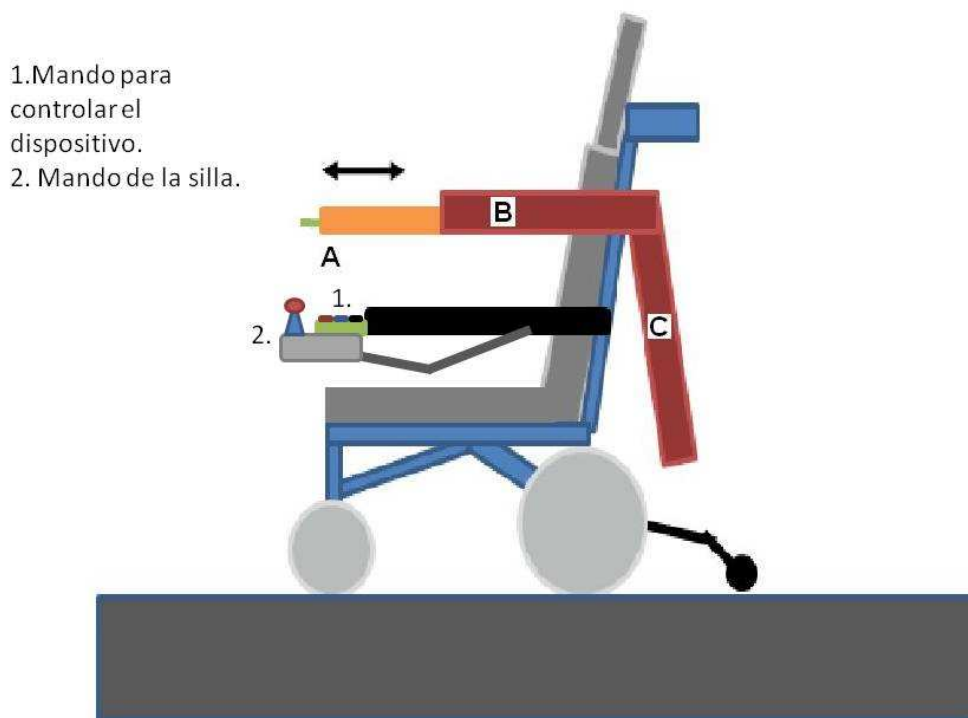
## Capítulo 5. Controles

---



## 5.1. Características generales

Para desplegar y recoger el dispositivo se acoplarán los controles al mando de la silla de la silla eléctrica. Los controles serán dos pulsadores y un interruptor que se integrarán en un mando adicional. Este mando adicional se fijará al de la silla mediante velcro, para poder disponer de una retirada rápida y sencilla. Como se observa en la *Figura 54*.



*Figura 54. Situación del mando para controlar el dispositivo en la silla.*

Los pulsadores se situarán en la cara contraria a las tiras de velcro, para que sean accesibles al usuario de la silla de ruedas eléctrica.

El funcionamiento de los pulsadores es sencillo e intuitivo, ya que será el siguiente, pulsando el botón verde comenzará a desplegarse. Pulsando el botón rojo se recogerá. Si se quiere detener el movimiento en cualquier instante conseguirá



pulsando cualquier botón. De esta manera, se evita tener que colocar otro botón y hace que exista una tolerancia al error ya que no importará que botón se presione para detener la maniobra. Así se atiende al quinto punto del diseño universal para todos.

## 5.2. Diseño físico

El mando será una caja de PVC o plástico para sujetar los pulsadores y el interruptor. En el estarán integrados los botones que se han pensado en el diseño y del que saldrán los cables necesarios hasta la placa de control.

## 5.3. Diseño hardware

La elección de los pulsadores se ha hecho según la elección del usuario, y de las propias necesidades que tenga, su movilidad, tamaño, etc. Siempre se pueden cambiar haciendo pequeños ajustes en el mando. Teniendo de nuevo en cuenta que el uso sea universal y para todos.

Para los pulsadores se ha decidido que el de avance sea verde y el de retroceso sea rojo. La elección de la posición y de los pulsadores se ha consultado con el usuario final, Clara, y con sus profesores y fisioterapeutas. Para el uso de los botones también se ha tenido en cuenta un uso fácil y sencillo.

El diseño físico de los pulsadores se pueden ver en la *Figura 55*. Serán pulsadores con una abertura en panel de 15mm. Las hojas de características de los pulsadores vienen anexas al final del documento. En la página de RS también se ofrecen una serie de características [14].



*Figura 55. Pulsador integrado en los controles para activar el movimiento.*

El interruptor que se integrará en el mando se observa en la *Figura 56* para desplegar y recoger el dispositivo, será un interruptor de tres terminales y dos posiciones. Este interruptor será el que abra o cierre el circuito de alimentación. La apertura en el mando será de 19 mm.



*Figura 56. Interruptor integrado en los controles para encender el dispositivo.*

## 5.4. Acoplamiento en la silla

El hueco escogido para situar este mando es en un lateral del mando que utiliza para mover la silla, como se indica en la *Figura 57*.



*Figura 57. Situación del mando de control en el mando de la silla.*

Uno de los principales requisitos del dispositivo es que sea fácilmente acoplable a la silla. Es decir, que se pueda quitar con facilidad, si en un momento dado no es necesario o no se quiere llevar. Esto implica a todos los componentes del dispositivo, incluidos el mando de control. Para éste propósito se ha pensado en un pequeño mando que se pueda fijar y quitar rápidamente. Por ese motivo se ha pensado en el velcro. El sistema de cierre y apertura es rápido y sencillo. Consiste en dos cintas de tela que deben fijarse en las superficies a unir mediante cosido o pegado, en este caso serán pegadas. Una de las cintas posee unas pequeñas púas flexibles que acaban en forma de gancho y que por simple presión se enganchan a la otra cinta cubierta de fibras enmarañadas que forman bucles y que permiten el agarre. La parte de pequeñas púas será la que se pegue al mando y la parte suave será la que se pegue al mando de la silla. Se hará de esta manera para que cuando no esté enganchado el mando del dispositivo sea suave al tacto.



## Capítulo 6. Sensorización

---

## 6.1. Características generales

El dispositivo tal y como se ha diseñado necesita que haya una serie de sensores para que le comuniquen al micro en qué posición se encuentra en cada momento. Para ello se han dispuesto de manera que se envíe información al micro controlador en unas posiciones concretas. Serán una serie de interruptores que envíen un cero o un uno lógico al micro controlador para que se detecte si el brazo se encuentra en esa posición o no.

## 6.2. Diseño físico

Como sensor de posición se ha seleccionado un interruptor de pestaña. Se pondrán a uno en el momento en que la pestaña sea cerrada, volviéndose a poner a cero cuando ésta se abra.



*Figura 58. Sensor de posición seleccionado.*

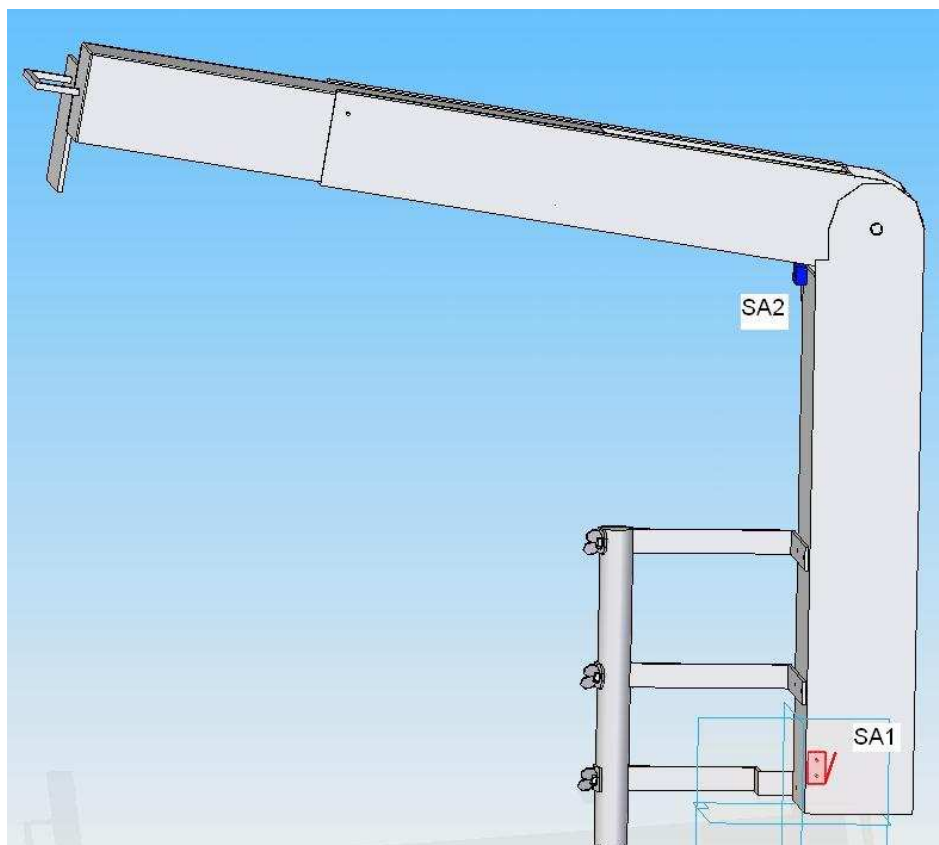
El sensor dispone de tres terminales. Uno de ellos estará conectado a tierra. El segundo estará conectado a 3'3 V para cuando se cierre la pestaña se pueda enviar un uno lógico al micro controlador. Estos dos terminales serán los que alimenten el sensor. El tercero será el que esté conectado al micro controlador y el que le comunique en qué posición se encuentra el sensor.

### 6.3. Diseño hardware

Los sensores de posición funcionan como interruptores. De las tres patas que tienen una será alimentación, otra estará a tierra y la que está en medio será la que se conecte al P0.(0-3) del micro controlador.

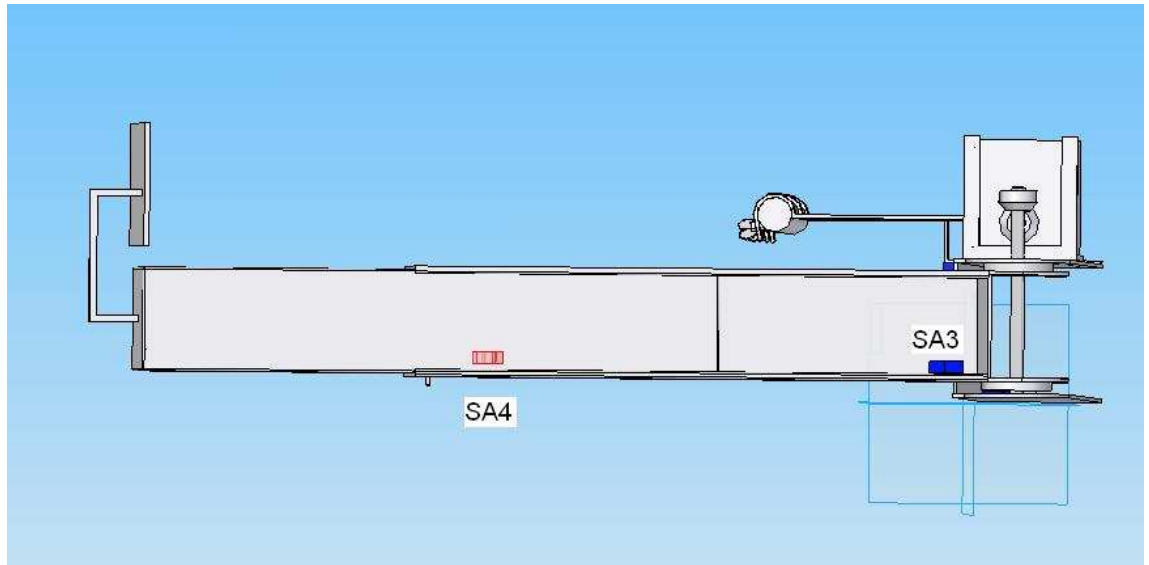
### 6.4. Acoplamiento a la estructura

Los sensores se acoplarán a la silla mediante pegamento o con tornillos. Los sensores estarán situados en los puntos de la silla que se detallan en la *Figura 59*. Para saber si el brazo está abierto o cerrado se colocarán dos sensores:



*Figura 59. Sensores con el brazo en vertical y formando 90°.*

Para que el micro sepa si está desplegada o recogida la pieza A se han situado dos sensores más. Como se observa en la *Figura 60*, que representa la vista desde la parte superior de la pieza B para ubicar los puntos de la misma en que se han colocado los dos sensores SA4 y SA3.



*Figura 60. Sensores para detectar si está recogido o desplegado.*





## Capítulo 7. Alimentación

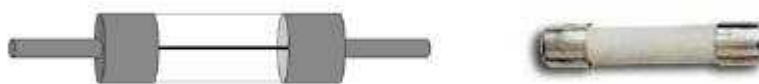
---

## 7.1. Características generales

La alimentación se toma directamente de una de las baterías de la silla de ruedas. El valor de la tensión de cada una de las baterías es de 12 V DC. La conexión a las baterías se hará mediante dos clavijas que se fijarán cada una a un terminal de la batería. De las clavijas se fijará un cable a cada una hasta un terminal de conexión. De esta manera se tendrá un punto en el cable en que se puede hacer una conexión fácil y rápida. Del punto de conexión o enchufe se conectarán dos cables a la placa. En la placa se situarán fusibles como medida de protección de los componentes.

### 7.1.1. Protecciones

Para proteger a los circuitos eléctricos cuando se produce un fallo y garantizar el correcto funcionamiento de todos los elementos electrónicos que lo forman existen diferentes dispositivos de protección. El más común es el fusible. Este dispositivo normalmente posee en su interior una lámina metálica o un hilo de metal (ver *Figura 61*), como por ejemplo, plomo.



*Figura 61. Fusibles.*

Cuando el fusible tiene que soportar la elevación brusca de una corriente, superior a la que puede resistir en condiciones normales de trabajo, el hilo o la lámina se funde y el circuito se abre inmediatamente, protegiéndolo. El resultado de esa acción es similar a la función que realiza un interruptor, que cuando lo accionamos deja de fluir de inmediato la corriente.

Por esta serie de características como medida de protección se pondrán en serie fusibles para proteger las distintas partes del circuito. Se pondrá uno justamente a la entrada (F1); otro para proteger la parte lógica del MPC17531 y el 8051 (F2); y otro que protegerá el MPC17531 y los motores (F3). Cada fusible tendrá un valor determinado que dependerá del componente que tenga que proteger. Los valores escogidos para cada fusible han sido seleccionados según qué valor máximo de



corriente soporta cada componente que protege. En la siguiente *Tabla 5* se puede ver el valor de cada fusible, y en la *Figura 33* podemos ver su disposición en el circuito.

FUSIBLE	VALOR [A]
F1	1,5
F2	0,5
F3	1

*Tabla 5. Asignación de valores a cada fusible.*

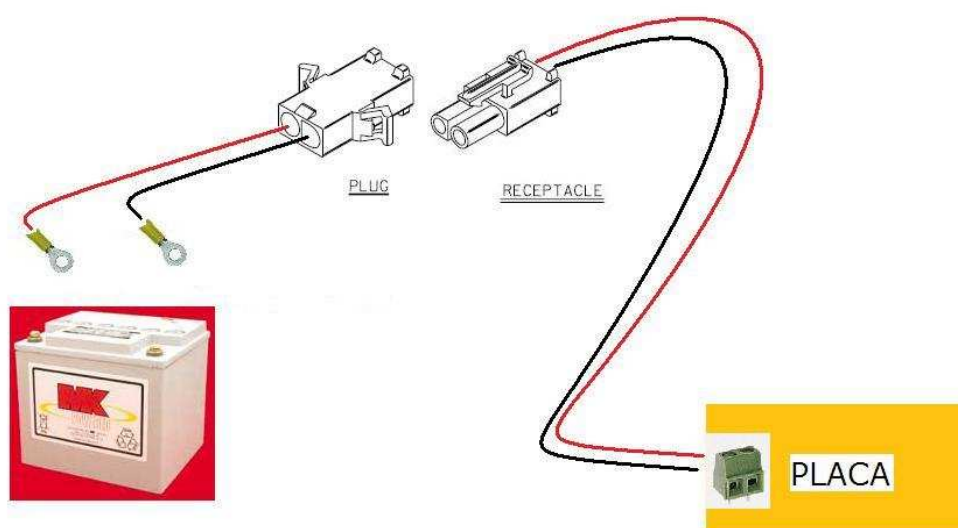
### 7.1.2. Reguladores de tensión

En la placa tiene que haber dos tensiones diferentes: una será la que alimente el micro controlador 8051 y la parte lógica del MPC17531AEV, que tendrá que ser de 3'3V; la otra tensión será de 10V y será la que alimente los motores. Para conseguir estas dos tensiones se ha diseñado un circuito regulador de tensión con el componente LM317. Este componente es un regulador de tensión positivo, puede obtener un voltaje de salida desde 1'2V a 37V usando dos resistencias externas. El circuito necesario que se ha implementado en el diseño se puede ver en la *Figura 35*.

## 7.3. Conexión a la alimentación de la silla

La conexión a la batería de la silla se hará mediante el encajamiento de clavijas a los respectivos terminales. La silla incorpora la batería (modelo M40 SLD G) de 12V. Para esta batería se especifica en sus hojas de características, adjunta en los anexos del documento, que los terminales son tornillos de ¼", de métrica M6 según ISO. La conexión será la siguiente según la *Figura 62*.

La conexión para poder quitar el dispositivo de una manera rápida y cómoda es un conector con dos terminales en el que se conectarán los 4 cables, respetando siempre que el cable rojo (terminal positivo de la batería) coincida en la conexión. De la misma manera con el cable negro. Además este conector seleccionado tiene uno de los terminales redondo y el otro cuadrado, para que no haya error por parte del usuario y su uso sea intuitivo y sencillo. Siguiendo otro de los principios de uso universal. Los cables que están conectados a la placa serán conectados a la misma mediante terminales de conexión por tornillo con paso de 5mm.



*Figura 62. Conexión a la batería.*



## Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros

---



Al comienzo de este proyecto se han establecido unos objetivos a alcanzar a su término:

- Diseñar los sistemas electrónicos necesarios para cubrir las necesidades de funcionamiento del sistema.
- Crear un diseño que cumpla con las necesidades del usuario.
- Realizar un diseño que permita su implementación en el soporte físico que deba albergarlo.

Una vez finalizados el diseño del sistema y comprobado que el usuario puede ser capaz de utilizarlo, se puede afirmar que se han cumplido satisfactoriamente los objetivos marcados.

Se ha diseñado un sistema que dota de autonomía suficiente al usuario de la silla de ruedas para utilizar su unidad de telefonía móvil sin depender de otra persona.

El driver y el sistema mecánico se han diseñado para que se puedan acoplar a la silla de ruedas sin que puedan incomodar al usuario porque no se sobrepasan las medidas de la silla.

Además se aporta la posibilidad de desconectar la alimentación del dispositivo y retirarlo de una forma rápida y cómoda, con lo que se consigue que el usuario no tenga que cargar con él en todo momento.

El cuadro de control elegido proporciona al usuario sencillez y un control preciso sobre el dispositivo.

A partir del diseño creado, se pueden realizar trabajos futuros para mejorar el dispositivo una vez se realice la fabricación del prototipo y se compruebe la eficiencia del mismo como por ejemplo:

- Distintos anclajes para otros modelos de silla.
- Modificaciones para usuarios con distintas necesidades. Teniendo que hacer alguna modificación para que puedan utilizar su móvil o cualquier otro objeto (libro, bandeja, etc.).
- Reducción del tamaño del dispositivo. De esta manera se reduce el peso y se pueden situar motores más pequeños.
- Detectores de presencia de objetos, para que el dispositivo no colisione al abrirse o cerrarse.



Una vez finalizado el diseño, se puede observar que se ha cumplido satisfactoriamente con las expectativas fijadas.



## BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] <http://www.hospitalsanrafael.es/Historia/Historia.htm> (Enero 2011)
- [2] <http://www.tecnotopia.com.mx/robotica.htm> (Enero 2011)
- [3] “Las discapacidades Orientación e Intervención Educativa” Ibáñez López, Pilar. Ed. DYKINSON, Madrid 2002.
- [4] <http://www.zerbitzuan.net/documentos/zerbitzuan/Robotica%20y%20personas%20con%20discapacidad.pdf> (Enero 2011)
- [5] <http://www.sisis.net/documentos/hemeroteca/7092615.pdf> (Enero 2011)
- [6] <http://vidagadget.com/brazo-mecanico-para-abrir-puertas-desde-la-silla-de-ruedas/> (Enero 2011)
- [7] [http://www.ozgurbedenler.com/patient\\_hoist\\_lift.asp?id=562&/robotic\\_arm](http://www.ozgurbedenler.com/patient_hoist_lift.asp?id=562&/robotic_arm) (Enero 2011)
- [8] <http://www.solociencia.com/ingenieria/06110201.htm> (Enero 2011)
- [9] [http://148.204.64.201/paginas%20anexas/ciencia/final\\_archivos/frame.htm#slide0025.htm](http://148.204.64.201/paginas%20anexas/ciencia/final_archivos/frame.htm#slide0025.htm) (Diciembre 2010)
- [10] <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2010/08/16/tecnologiamedica/1281955712.html> (Enero 2011)
- [11] <http://gizmologia.com/2010/08/rapuda-brazo-robot-que-ayuda-a-los-discapacitados-el-futuro-esta-aqui> (Enero 2011)
- [12] “Manual del aluminio Vol. I” Hufnagel W. Ed. REVERTÉ
- [13] <https://www.silabs.com/products/mcu/Pages/ToolStick.aspx> (Octubre 2010)
- [14] <http://es-online.com/web/search/searchBrowseAction.html?method=searchProducts&searchTerm=218-8540+&x=55&y=18> (Diciembre 2010)







## **ANEXO I. Pliego de condiciones**

---



## Hardware

Los dispositivos que se han utilizado para desarrollar este proyecto son los siguientes:

- Fuente de alimentación de corriente continua, TEKTRONIX EX752M MULTI-MODE PSU 75V/50V 300W.
- Osciloscopio, TEKTRONIX TDS2010 Digital Storage Oscilloscop.
- Programador y kit de adaptador ToolStick Base Adapter, 3ft USB Extension Cable.
- Tarjeta hija y kit de desarrollo ToolStick C8051F330 Daughter Card.
- Ordenador personal.

## Software

Los dispositivos software que se han usado para desarrollar este proyecto son los siguientes:

- Solid Edge V19 para el desarrollo de las piezas.
- Compilador Silicon Laboratories IDE.
- OrCad Capture CIS V10.0 para desarrollar el circuito electrónico.
- OrCad Layout Plus para el diseño del circuito impreso de la PCB.

## Materiales y piezas mecánicas

Pieza	Tipo	Material	Unidades
Anclaje	1	Acero galvanizado	1
Anclaje	2	Acero galvanizado	2
Cremallera		Acero	1
Caja de controles		PVC	1
Eje	1	Aluminio	1
Eje	2	Aluminio	1
Engranaje cónico	1	Acero	2
Engranaje cónico	2	Acero	2
Escuadra	1	Aluminio	1
Escuadra	2	Aluminio	1
Escuadra	3	Aluminio	1
Motor	1	-	1
Motor	2	-	1
Pieza A		Aluminio Magal 30 5754	1
Pieza B		Aluminio Magal 30 5754	1
Pieza C		Aluminio Magal 30 5754	1
Rueda dentada		Acero	1
Sujeción	1	Aluminio	2



Sujeción móvil		Aluminio	1
Tornillo	M3	Acero inoxidable A2	32
Tornillo	M4	Acero inoxidable A2	4
Tornillo	M6	Acero inoxidable A2	3

## Materiales y componentes electrónicos

Componentes	Descripción	Unidades
Microcontrolador	8051F330	1
Etapa de potencia en Puente H	MPC17531AEV (SMD)	1
Regulador de tensión variable	LM317 (T220)	2
Diodo	D1N4001	4
Fusible	20 mm	3
Porta Fusible	Porta fusibles vertical	3
Conectores	Terminales de conexión por tornillo	15
Clemas	Conectores a la batería	2
Enchufe	Enchufe con receptor	1
Condensadores 1	0.1 [uF]	8
Condensadores 2	1 [uF]	2
Condensadores 3	10 [uF]	2
Resistencias g	250 [Ohm]	1
Resistencias 1	150 [Ohm]	2
Resistencias 2	5 [Kohm] (Potenciómetro)	2
Resistencias 3	5'6[KOhm]	4
Switch Reset	Botón de reset	1
Cable	0'5mm (diámetro)	10m
Cable	1mm (diámetro)	2m
Sensores de posición	Micro interruptores	4
Pulsador	Pulsador enrasado	2
Interruptor	Interruptor dos posiciones	1



## ANEXO II. Presupuesto

---

En el estudio económico que se presenta a continuación se resumen los costes del diseño y los costes de los materiales para fabricar el prototipo diseñado en el proyecto. En él se incluyen los costes de material y personal.

## Costes de material electrónico

Estos costes son los referentes a los distintos componentes que se tendrán que utilizar en la ejecución del proyecto.

Componente	Descripción	Unidades	Precio Unidad (€)	Precio total (€)
Microcontrolador	8051F330	1	27,99	27,99
Puente H	MPC17531AEV (SMD)	1	2,66	2,66
Regulador	LM317 (T220)	2	0,74	1,48
Diodo	D1N4001	4		4
Fusible	20 mm	3	0,08	0,24
Porta Fusible	Porta fusibles vertical	3	0,34	1,02
Conectores	Terminales de conexión por tornillo	15	0,39	5,85
Clemas	Conectores a la batería	2	0,03	0,06
Enchufe	Enchufe con receptor	1	0,63	0,63
Condensadores 1	0.1 [uF]	8	0,04	0,32
Condensadores 2	1 [uF]	2	0,04	0,08
Condensadores 3	10 [uF]	2	0,01	0,02
Resistencias g	250 [Ohm]	1	0,05	0,05
Resistencias 1	150 [Ohm]	2	0,05	0,1
Resistencias 2	5 [Kohm] (Potenciómetro)	2	0,05	0,1
Resistencias 3	5'6[KOhm]	4	0,05	0,2
Switch Reset	Botón de reset	1	0,12	0,12
Cable [m]	0'5mm (diámetro)	10	0,05	0,5
Cable [m]	1mm (diámetro)	2	0,46	0,92
Sensores de posición	Micro interruptores	4	1,83	7,32
Pulsador	Pulsador enrasado	2	9,13	18,26
Interruptor	Interruptor dos posiciones	1	4,27	4,27
			<b>COSTE TOTAL</b>	<b>76,19 €</b>



## Costes de material mecánico

El coste de las piezas que se tendrían que fabricar son los siguientes:

Item	Tipo	Material	Unidades	Precio Unidad (€)	Precio total (€)
Anclaje	1	Acero galvanizado	1	54	54
Anclaje	2	Acero galvanizado	2	54	108
Caja de controles	-	PVC	1	4,15	4,15
Eje	1	Aluminio	1	5	5
Eje	2	Aluminio	1	7	7
Engranaje cónico	1	Acero	2	8,35	16,7
Engranaje cónico	2	Acero	2	10,51	21,02
Escuadra	1	Aluminio	1	24	24
Escuadra	2	Aluminio	1	27	27
Escuadra	3	Aluminio	1	27	27
Motor	1	-	1	31,57	31,57
Motor	2	-	1	135,61	135,61
Pieza A	A	Aluminio Magal30 5754	1	136	136
Pieza B	B	Aluminio Magal30 5754	1	152	152
Pieza C	C	Aluminio Magal30 5754	1	167	167
Rueda dentada	1	Acero	1	6,04	6,04
Sujeción	1	Aluminio	2	12	24
Sujeción móvil	1	Aluminio	1	45	45
Tornillo	M3	Acero inoxidable A2	36	0,05	1,8
Tornillo	M4	Acero inoxidable A2	4	0,02	0,08
Tornillo	M6	Acero inoxidable A2	3	1,05	3,15
Velcro	-	-	1	5,3	5,3
				<b>COSTE TOTAL</b>	<b>1.001,42 €</b>

El coste total del material es:

Concepto	Cantidad (€)
Material mecánico	1.001,42
Componentes electrónicos	76,19
<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>1.077,61 €</b>

## Costes de personal

Para estimar los costes de personal se ha tomado como referencia los costes por hora de trabajadores adscritos a un Proyecto en la Universidad Carlos III. A continuación se muestran estos costes en función de la categoría:

Ingeniero Técnico Industrial Electrónico.....	20 €/hora
Técnico Electrónico.....	14 €/hora
Técnico Mecánico.....	14 €/hora
Secretario.....	10 €/hora

Las cargas sobre los salarios son las siguientes:

Seguridad Social.....	27%
Desempleo.....	1'55%
Formación profesional.....	0'1%
Total.....	28'65%

Los gastos totales de personal son los siguientes, en función del número de horas dedicadas a cada tarea:

Tarea	Número de horas	Coste/hora	TOTAL
Diseño y pruebas	500h	25,73 €/hora	12.868 €
Documentación	100h	18,01 €/hora	1.801 €
<b>TOTAL PERSONAL</b>			<b>14.666 €</b>

## Presupuesto total de la ejecución

Concepto	Cantidad (€)
Coste de material	1.077,61 €
Coste de personal	14.666 €
<b>COSTE TOTAL DE LA EJECUCIÓN</b>	<b>15.743,61 €</b>





## **ANEXO III. Código Fuente y configuración de los registros**

---



```
//-----  
// Includes  
//-----  
  
#include <c8051f330.h>          // SFR declarations  
#include <stdio.h>  
  
//-----  
// Global Constants  
//-----  
#define SYSCLK      24500000    // Internal oscillator frequency in Hz  
  
sbit SA1 = P0^0;               //Bit entrada del sensor barra 2, recogida  
sbit SA2 = P0^1;               //Bit entrada del sensor barra 2, abierta  
sbit SA3 = P0^2;               //Bit entrada del sensor barra 1, recogida  
sbit SA4 = P0^3;               //Bit entrada del sensor barra 1, desplegada  
sbit SPR = P0^4;               //Bit entrada del Sensor de Presencia  
  
// P1 = P0^6;                  //Bit de entrada de la INT0  
// P2 = P0^7;                  //Bit de entrada de la INT1  
  
/*****SALIDAS*****/  
  
sbit pwm_mot1_av = P1^0;       //Bit avance motor 1 (mov. lineal)  
sbit pwm_mot1_ret = P1^1;      //Bit retroceso motor 1 (mov. lineal)  
sbit pwm_mot2_av = P1^2;       //Bit avance motor 2 (mov. giratorio)  
sbit pwm_mot2_ret = P1^3;      //Bit retroceso motor 2 (mov. giratorio)  
sbit topes      = P1^4;        //Bit topes de seguridad  
  
int VA,VR = 0;                 //Dice que PWM tiene que activarse.  
  
int contador_0=0;  
  
//-----  
// Function Prototypes  
//-----  
  
void OSCILLATOR_Init (void);  
void PORT_Init (void);  
void Interrupts_Init(void);  
void Voltage_Reference_Init(void);  
void Funcion_PWM_0_0 (void);  
  
void INT0_ISR (void);  
void INT1_ISR (void);  
  
//-----  
// main() Routine  
//-----  
  
void main (void)
```



```
{
    PCA0MD = 0x00;           // Desabilitar watchdog timer

    PORT_Init ();            // Inicializar crossbar and GPIO
    OSCILLATOR_Init ();      // Inicializar oscilador
    Interrupts_Init();       // Inicializar interrupciones
    Voltage_Reference_Init(); //Inicializar voltaje de referencia

    pwm_mot1_av = 0;
    pwm_mot1_ret = 0;
    pwm_mot2_av = 0;
    pwm_mot2_ret = 0;
    topes = 0;

    while (1)
    {
        Funcion_PWM_0_0();
    }
}
//-----
// Function PWM_0_0
//-----

void Funcion_PWM_0_0 (void)

{
    // motor 2 avance sale por P1.2

    while ((VA==1) && (SA2==0) && (SA3==1) && (SA4==0) && (SPR==0))
    {
        contador_0++;

        if (contador_0 == 2)
        {
            contador_0 = 0;
        }

        if (contador_0 < 1)
        {
            pwm_mot2_av = 1;
        }

        else
        {
            pwm_mot2_av = 0;
        }
    }
    // motor 1 avance sale por P1.0

    while ((VA==1) && (SA1==0) && (SA2==1) && (SA4==0) && (SPR==0))
    {
        contador_0++;
    }
}
```



```
        if (contador_0 == 2)
        {
            contador_0 = 0;
        }

        if (contador_0 < 1)
        {
            pwm_mot1_av = 1;
        }

        else
        {
            pwm_mot1_av = 0;
        }
    }
    // final del movimiento de avance

    while ((VA==1) && (SA1==0) && (SA2==1) && (SA3==0) &&
(SA4==1) && (SPR==0))
    {
        VA=0;
        pwm_mot1_av = 0;
        pwm_mot1_ret = 0;
        pwm_mot2_av = 0;
        pwm_mot2_ret = 0;
    }
    // motor 1 retrocede sale por P1.1

    while ((VR==1) && (SA1==0) && (SA2==1) && (SA3==0) && (SPR==0))
    {

        contador_0++;

        if (contador_0 == 2)
        {
            contador_0 = 0;
        }

        if (contador_0 < 1)
        {
            pwm_mot1_ret = 1;
        }

        else
        {
            pwm_mot1_ret = 0;
        }
    }
    // motor 2 retrocede sale por P1.3

    while ((SA1==0) && (SA3==1) && (SA4==0) && (SPR==0) && (VR==1))
    {

        contador_0++;

        if (contador_0 == 2)
        {
            contador_0 = 0;
        }
    }
}
```



```
        contador_0 = 0;
    }

    if (contador_0 < 1)
    {
        pwm_mot2_ret = 1;
    }

    else
    {
        pwm_mot2_ret = 0;
    }
}

// final del movimiento de retroceso

    while ((VR==1) && (SA1==1) && (SA2==0) && (SA3==1) &&
(SA4==0) && (SPR==0))
    {
        VR=0;

        pwm_mot1_av = 0;
        pwm_mot1_ret = 0;
        pwm_mot2_av = 0;
        pwm_mot2_ret = 0;

    }

    topes = 0;
    pwm_mot1_av = 0;
    pwm_mot1_ret = 0;
    pwm_mot2_av = 0;
    pwm_mot2_ret = 0;

}

//-----
//  RUTINA INTERRUPCIÓN INTO - Boton Verde Avance
//-----
void INTO_ISR (void) interrupt 0
{
    if (VR==0)
    {
        if (VA==0)
        {
            VA=1;
        }

        else
        {
            VA=0;
        }
    }

    else
    {
        VA=0;
        VR=0;
    }
}
```



```
}
//-----
//  RUTINA INTERRUPTI0N INT1 - Boton Rojo Retroceso
//-----
void INT1_ISR (void) interrupt 2
{
    if (VA==0)
    {
        if (VR==0)
        {
            VR=1;
        }

        else
        {
            VR=0;
        }
    }

    else
    {
        VA=0;
        VR=0;
    }
}

//-----
// Initialization Subroutines
//-----

//-----
// OSCILLATOR_Init
//-----
//
// Return Value : None
// Parameters   : None
//
// This function initializes the system clock to use the internal
// oscillator
// at 24.5 MHz.
//
//-----
void OSCILLATOR_Init (void)
{
    OSCICN = 0x83;    // Set internal oscillator to run
                     // He cambiado la frec.

    CLKSEL = 0x00;    // Select the internal osc. as
                     // the SYSCLK source
}

//-----
// PORT_Init
//-----
//
// Return Value : None
// Parameters   : None
```



```
//
// This function configures the crossbar and GPIO ports.
//
// PD.0    digital    push-pull
// PD.1     digital    push-pull
//-----
void PORT_Init (void)
{
    // PD.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.1 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.4 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.5 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.6 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // PD.7 - Unassigned, Open-Drain, Digital

    // PL.0 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.1 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.2 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.3 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.4 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.5 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.6 - Unassigned, Push-Pull, Digital
    // PL.7 - Unassigned, Push-Pull, Digital

    PLMDOUT    = 0xFF;
    XBR1        = 0x40;
}
//-----
// Voltaje de Referencia
//-----

void Voltage_Reference_Init()
{
    REFOCN      = 0x08;
}
//-----
// Habilitar las interrupciones
//-----

void Interrupts_Init()
{
    IE          = 0x85;    //Habilita todas las interrupciones y activa
                          // INT0 e INT1
    TCON        = 0x05;    //Configura INT0 e INT1 para que se activen
                          // por flanco
    IP          = 0x01;    //Prioridad 1 para la INT0
    IT0L1CF     = 0xFE;    //Asigna el pin PD.6 para la interrupción INT0
                          // y el pin PD.7 para la interrupción INT1
}
//-----
// End of File
//-----
```



Como se ha comentado antes, en cada una de estas subrutinas se configuran una serie de registros como se detallan a continuación.

```
//-----
// OSCILLATOR_Init
//-----
// Return Value : None
// Parameters   : None
// This function initializes the system clock to use the
// internal oscillator
// at 24.5 MHz.
//-----
void OSCILLATOR_Init (void)
{
    OSCICN = 0xB3;           // Set internal oscillator to run

    CLKSEL = 0x00;           // Select the internal osc. as
                             // the SYSCLK source
}
```

Los números que configuran los registros están escritos en hexadecimal y el primer número se referirá a la parte alta del byte y el segundo hará referencia a la parte baja del byte.

### OSCICN: Internal H-F Oscillator Control Register

R/W	R	R	R	R	R	R/W	R/W	Reset Value
IOSCEN	IFRDY	-	-	-	-	IFCN1	IFCN0	11000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xB2

Figura 63. Byte del registro OSCICN.

Bit 7: IOSCN Bit para habilitar el Oscilador Interno H-F.

- 0: Oscilador Interno H-F deshabilitado.
- 1: Oscilador Interno H-F habilitado.





Bit 6: IFRDY Flag del Oscilador Interno H-F para activar la frecuencia.

- 0: Oscilador Interno no funciona a la frecuencia programada.
- 1: Oscilador Interno funciona a la frecuencia programada.

Bits 5-2: No se utilizan.

Bits 1-0: IFCN1-0: Bits de control del Oscilador Interno H-F

- 00: SYSCLK es derivado desde el Oscilador Interno H-F y dividido entre 8.
- 01: SYSCLK es derivado desde el Oscilador Interno H-F y dividido entre 4.
- 10: SYSCLK es derivado desde el Oscilador Interno H-F y dividido entre 2.
- 11: SYSCLK es derivado desde el Oscilador Interno H-F y dividido entre 1.

### CLKSEL: Clock Select Register

R	R	R	R	R	R	R/W	R/W	Reset Value
-	-	-	-	-	-	SEL1	SEL0	00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xA9

*Figura 64. Byte del registro CLKSEL.*

Bits 7-2: No se utilizan.

Bits 1-0: SEL [1:0] Bits para seleccionar el reloj.

- 00: SYSCLK es derivado desde el Oscilador Interno de Alta-Frecuencia (H-F) y tiene en cuenta el IFCN del registro OSCICN.
- 01: SYSCLK derivado desde el Circuito Oscilador Externo.
- 10: SYSCLK derivado desde el Oscilador Interno de Baja-Frecuencia (L-F).
- 11: Reservado



Con la configuración escrita en el programa y observando las *Figura 63* y *Figura 64* y la explicación de cada bit de cada registro el oscilador queda configurado de la siguiente manera:

OSCICN = 0x83;

El Oscilador Interno habilitado y con la frecuencia dividida entre 1.

CLKSEL = 0x00;

Selección del Oscilador Interno de Alta-Frecuencia.

La subrutina que configura los puertos es la siguiente:

```
//-----  
// PORT_Init  
//-----  
// Return Value : None  
// Parameters   : None  
// This function configures the crossbar and GPIO ports.  
// PD.0  digital  push-pull  
// PD.1  digital  push-pull  
//-----  
void PORT_Init (void)  
{  
    // PD.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.1 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.4 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.5 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.6 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
    // PD.7 - Unassigned, Open-Drain, Digital  
  
    // PL.0 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.1 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.2 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.3 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.4 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.5 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.6 - Unassigned, Push-Pull, Digital  
    // PL.7 - Unassigned, Push-Pull, Digital
```



P1MDOUT = 0xFF;

XBR1 = 0x40;

}

### P1MDOUT: Port1 Output Mode Register

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
								00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xA5

Figura 65. Byte del registro P1MDOUT.

Bits 7-0: Configuración de salida de los bits para P1.7-P1.0 (respectivamente): ignora si el bit correspondiente en el registro P1MDIN es un 0 lógico.

0: La salida correspondiente al P1.n se configura como open-drain.

1: La salida correspondiente al P1.n se configura como push-pull.

### XBR1: Port I/O Crossbar Register 1

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	Reset Value
WEAKPUD	XBARE	T1E	T0E	ECIE	-	PCA0ME		00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xE2

Figura 66. Byte del registro XBR1.

Bit 7: WEAKPUD: Puertos I/O Weak Pull-up deshabilitados.

0: Weak Pull-ups habilitadas (excepto para puertos I/O que han sido configurados como entradas analógicas).

1: Weak Pull-ups desahabilitadas.



Bit 6: XBARE: Habilitar el Crossbar.

0: Crossbar deshabilitado.

1: Crossbar habilitado.

Bit 5: T1E: T1 Habilitado

0: T1 Disponible en el pin asignado como puerto.

1: T1 Rutado al pin correspondiente.

Bit 4: T0E: T0 Habilitado

0: T0 Disponible al pin puerto.

1: T0 Rutado al pin correspondiente.

Bit 2: ECIE: PCA0

0: ECI Disponible al pin del puerto.

1: ECI Rutado al pin correspondiente.

Bit 1-0: PCA0ME: PCA Modulo I/O Bits Disponibles.

00: All PCA I/O disponible al pin puerto.

01: CEX0 rutado al puerto pin.

10: CEX0, CEX1 rutado a los pins puerto.

11: CEX0, CEX1, CEX2 rutado a los pins puerto.

Con la configuración escrita en el programa y observando las *Figura 65. Figura 66.* y la explicación de cada bit del registro P1MDOUT y del registro XBR1 el micro queda configurado de la siguiente manera:

P1MDOUT = 0xFF;

Con este registro así configurado queda todo P1 como salida Push-Pull digital.

XBR1 = 0x40;

Con esta configuración quedan los puertos habilitados como Pull-ups el Crossbar habilitado, y quedan disponibles los pines de T0, T1, PCA0 y el módulo PCA.



Para configurar el voltaje de referencia se ha configurado el siguiente registro de esta subrutina:

```
//-----
// Voltaje de Referencia
//-----

void Voltage_Reference_Init()
{
    REF0CN    = 0x08;
}
```

### REF0CN: Reference Control Register

R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
-	-	-	-	REFSL	TEMPE	BIASE	REFBE	00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xD1

*Figura 67. Byte del registro REF0CN.*

El registro y como lo hemos configurado se explica a continuación:

Bits7-4: No se utilizan.

Bit3: REFSL: Referencia de tensión Seleccionar. Este bit selecciona el origen de la referencia de tensión interna.

0: pin VREF utilizado como referencia de tensión.

1: VDD utilizado como referencia de tensión.

Bit2: TEMPE: Sensor de temperatura bit de habilitación.

0: Sensor interno de temperatura apagado.

1: Sensor interno de temperatura encendido.

Bit1: BIASE: Internal Analog Bias Generator bit de habilitación.



0: Internal Analog Bias Generator apagado.

1: Internal Analog Bias Generator encendido.

Bit 0: REFBE: Bit de habilitación del buffer de referencia interna.

0: Buffer de referencia interna deshabilitado.

1: Buffer de referencia interna habilitado. Referencia de tensión interna que circulan por el pin VREF.

REF0CN = 0x08;

Con este registro así configurado el micro tomará como tensión de referencia VDD, es decir, 3,3 voltios.

En la siguiente rutina se configuran los registros para habilitar las interrupciones.

```
//-----
// Habilitar las interrupciones
//-----

void Interrupts_Init()
{
    IE          = 0x85;    // Habilita todas las interrupciones
                        // y activa INT0 e INT1
    TCON        = 0x05;    // Configura INT0 e INT1 para que se
                        // activen por flanco
    IP          = 0x01;    // Prioridad 1 para la INT0
    IT01CF      = 0xFE;    // Asigna el pin PD.6 para la
                        // interrupción INT0 y el pin
                        // PD.7 para la interrupción INT1
}
```

De ésta manera y como se explica a continuación se han configurado los registros para que las interrupciones funcionen como deseamos.

**IE: Interrupt Enable**

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
EA	ESPI0	ET2	ES0	ET1	EX1	ET0	EX0	00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address:
						(bit addressable)		0xA8

*Figura 68. Byte del registro IE.*

Bit7: EA: Habilita todas las interrupciones. Este bit a nivel global activa / desactiva todas las interrupciones. Se anula la configuración de cada máscara de la interrupción.

0: Deshabilitar todas las fuentes de interrupción.

1: Habilitar cada interrupción de acuerdo a su configuración de máscara individual.

Bit6: ESPI0: Habilita la interfaz periférica serie (SPI0) de interrupción. Este bit establece el enmascaramiento de las interrupciones SPI0.

0: Desactiva todas las interrupciones SPI0.

1: Habilitar peticiones de la interrupción generada por SPI0.

Bit5: ET2: Habilita la interrupción del temporizador 2. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción del temporizador 2.

0: Desactivar la interrupción del temporizador 2 (T2).

1: Las solicitudes de habilitación de interrupción generada por las banderas TF2L o TF2H.

Bit4: ES0: habilitación de interrupción UART0. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción de UART0.

0: Desactivar la interrupción de UART0.

1: Habilitar la interrupción de UART0.

Bit3: ET1: Habilita la interrupción de un contador de tiempo. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción del temporizador 1.



0: Deshabilita todas las interrupciones del temporizador 1.

1: Habilita peticiones de la interrupción generada por la bandera de TF1.

Bit2: EX1: Habilita la interrupción externa 1. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción externa 1.

0: Deshabilita la interrupción externa 1.

1: Habilita peticiones de la interrupción generada por la entrada /INT1.

Bit1: ET0: Habilita la interrupción del temporizador 0. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción del temporizador 0.

0: Desactiva todas las interrupciones del temporizador 0.

1: Habilita peticiones de interrupción generada por la bandera TF0.

Bit 0: EX0: Habilita la interrupción externa 0. Este bit establece el enmascaramiento de la interrupción externa 0.

0: Deshabilita la interrupción externa 0.

1: Habilita peticiones de la interrupción generada por la entrada INT0 /.

### TCON: Timer Control Register

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	00000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address:
						(bit addressable)		0x88

Figura 69. Byte del registro TCON

Bit7: TF1: Temporizador 1 Bandera de desbordamiento. Fijado por hardware cuando se desborda un temporizador. Este indicador se puede borrar por software, pero es automáticamente borrado cuando los vectores de la CPU para el temporizador de una rutina de servicio de interrupción.





0: No hay un temporizador de desbordamiento detectado.

1: Temporizador 1 se ha desbordado.

Bit6: TR1: Temporizador de un control de ejecución.

0: un temporizador con discapacidad.

1: un temporizador activado.

Bit5: TF0: Timer 0 Bandera de desbordamiento. Fijado por hardware cuando el Contador 0 desbordamientos. Este indicador se puede borrar por software, pero es automáticamente borrado cuando los vectores de la CPU al temporizador 0 rutina de servicio de interrupción.

0: No hay desbordamiento del Timer 0 detectado.

1: Timer 0 se ha desbordado.

Bit4: TR0: Timer 0 Control de ejecución.

0: Timer 0 con discapacidad.

1: Timer 0 habilitada.

Bit3: IE1: interrupción externa 1. Este indicador se establece por el hardware cuando un borde / nivel de tipo definido por IT1 se detecta. Se puede borrar por el software pero se elimina automáticamente cuando los vectores de la CPU al servicio de una interrupción externa rutina si IT1 = 1. Cuando IT1 = 0, este indicador se establece en "1" cuando / INT1 está activo, tal como se define IN1PL en el registro INT01CF.

Bit2: IT1: Selecciona la forma de interrupción. Este bit selecciona si la configuración de la interrupción /INT1 será por flanco o por nivel de sensibilidad. /INT1 se configura activos de baja o alta por el poco IN1PL en el registro IT01CF.

0: /INT1 interrupción por nivel.

1: /INT1 interrupción por flanco.



Bit1: IE0: interrupción externa 0. Este indicador se establece por el hardware cuando un flanco / nivel de tipo definido por IT0 se detecta. Se puede borrar por software pero también se elimina automáticamente cuando los vectores de la CPU de interrupción externa 0 si IT0 = 1. Cuando IT0 = 0, este indicador se establece en "1" cuando /INT0 está activo tal como se define con IN0PL en el registro INT01CF.

Bit 0: IT0: Selecciona la forma de la interrupción 0. Este bit selecciona la configuración de /INT0 interrupción será por flanco o por nivel. /INT0 estará configurado por nivel bajo o alto en el bit IN0PL del registro IT01CF.

0: /INT0 interrupción por nivel.

1: /INT0 interrupción por flanco.

### IP: Interrupt Priority

R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
-	PSPI0	PT2	PS0	PT1	PX1	PT0	PX0	10000000
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address:
						(bit addressable)		0xB8

Figura 70 Byte del registro IP.

Bit7: NO UTILIZADO.

Bit6: interfaz periférica serial (SPI0) Control de prioridad de interrupción: PSPI0. Este bit establece la prioridad de la SPI0 interrupción.

0: SPI0 interrupción establece el nivel de prioridad baja.

1: SPI0 interrupción establece el nivel de prioridad alta.

Bit5: PT2: Timer 2 control de prioridad de interrupción. Este bit establece la prioridad de la interrupción del timer 2.

0: Timer 2 establece la interrupción a nivel de prioridad baja.

1: Timer 2 establece la interrupción a nivel de prioridad alta.



Bit4: PS0: UART0 Control de prioridad de interrupción. Este bit establece la prioridad de la UART0 interrupción.

0: UART0 interrupción establece en el nivel de prioridad baja.

1: UART0 interrupción establece en el nivel de prioridad alta.

Bit3: PT1: Control de prioridad de la interrupción Timer1. Este bit establece la prioridad de la interrupción del temporizador 1.

0: Interrupción del Timer 1 a nivel de prioridad baja.

1: Interrupción del Timer 1 a nivel de prioridad alta.

Bit2: PX1: Control de prioridad de la interrupción externa 1. Este bit establece la prioridad de la interrupción externa una interrupción.

0: Interrupción externa 1 a nivel de prioridad baja.

1: Interrupción externa 1 a nivel de prioridad alta.

Bit1: PT0: Control de prioridad de la interrupción Timer 0. Este bit establece la prioridad de la interrupción del temporizador 0.

0: Interrupción del Timer 0 a nivel de prioridad baja.

1: Interrupción del Timer 0 a nivel de prioridad alta.

Bit 0: PX0: Control de prioridad de la interrupción externa 0. Este bit establece la prioridad de la interrupción externa 0.

0: interrupción externa 0 selecciona el nivel de prioridad baja.

1: interrupción externa 0 selecciona el nivel de prioridad alta.

## IT01CF: INT0/INT1 Configuration Register

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	Reset Value
IN1PL	IN1SL2	IN1SL1	IN1SL0	IN0PL	IN0SL2	IN0SL1	IN0SL0	00000001
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	SFR Address: 0xE4

Note: Refer to Figure 18.4 for INT0/1 edge- or level-sensitive interrupt selection.

Figura 71. Byte del registro IT01CF.

Bit7: IN1PL: /INT1 Polaridad

0: /INT1 entrada es activa a nivel bajo.

1: /INT1 entrada es activa a nivel alto.

Bits6-4: IN1SL2-0: /INT1 Puerto Bits de selección de los pin. Estos bits seleccionan y asignan /INT1 a los pines del puerto correspondiente. Hay que tener en cuenta que esta asignación es independiente del Crossbar; /INT1 supervisará el pin asignado como puerto sin molestar a los periféricos que se han asignado al pin del puerto a través del Crossbar. El Crossbar no asignará el pin del puerto a un periférico si se ha configurado para que no se tenga en cuenta (se hace mediante el ajuste con un "1" del bit correspondiente en el registro P0SKIP).

IN1SL2-0	/INT1 Port Pin
000	P0.0
001	P0.1
010	P0.2
011	P0.3
100	P0.4
101	P0.5
110	P0.6
111	P0.7

Tabla 6. Selección del pin para /INT1.



Bit3: IN0PL: /INT0 Polaridad.

0: /INT0 entrada es activa a nivel bajo.

1: /INT0 entrada es activa a nivel alto.

Bits2-0: IN1SL2-0: /INT0 Puerto Bits de selección de los pin. Estos bits seleccionan y asignan /INT0 a los pines del puerto correspondiente. Hay que tener en cuenta que esta asignación es independiente del Crossbar; /INT0 supervisará el pin asignado como puerto sin molestar a los periféricos que se han asignado al pin del puerto a través del Crossbar. El Crossbar no asignará el pin del puerto a un periférico si se ha configurado para que no se tenga en cuenta (se hace mediante el ajuste con un "1" del bit correspondiente en el registro P0SKIP).

IN0SL2-0	/INT0 Port Pin
000	P0.0
001	P0.1
010	P0.2
011	P0.3
100	P0.4
101	P0.5
110	P0.6
111	P0.7

Tabla 7. Selección del pin para /INT0.

IE = 0x85;

Al grabar en el registro IE esta información como se puede ver en la descripción del registro y en la *Figura 68*. Habilitamos todas las fuentes de las interrupciones y además se habilitan también las peticiones de la interrupción generadas por las entradas /INT0 e /INT1.

TCON = 0x05;

Al configurar el registro TCON de esta manera conseguimos habilitar las interrupciones cuando se producen por flanco.



IP = 0x01;

Con la siguiente configuración se establece prioridad alta a la interrupción externa 0.

IT01CF = 0xFE;

Configurando el registro IT01CF establecemos el pin en el que queremos que se tengan en cuenta las interrupciones y a qué nivel (alto o bajo) será activa la entrada. Para la /INT0 se asigna el pin P0.6 y para la /INT1 se asigna el pin P0.7.

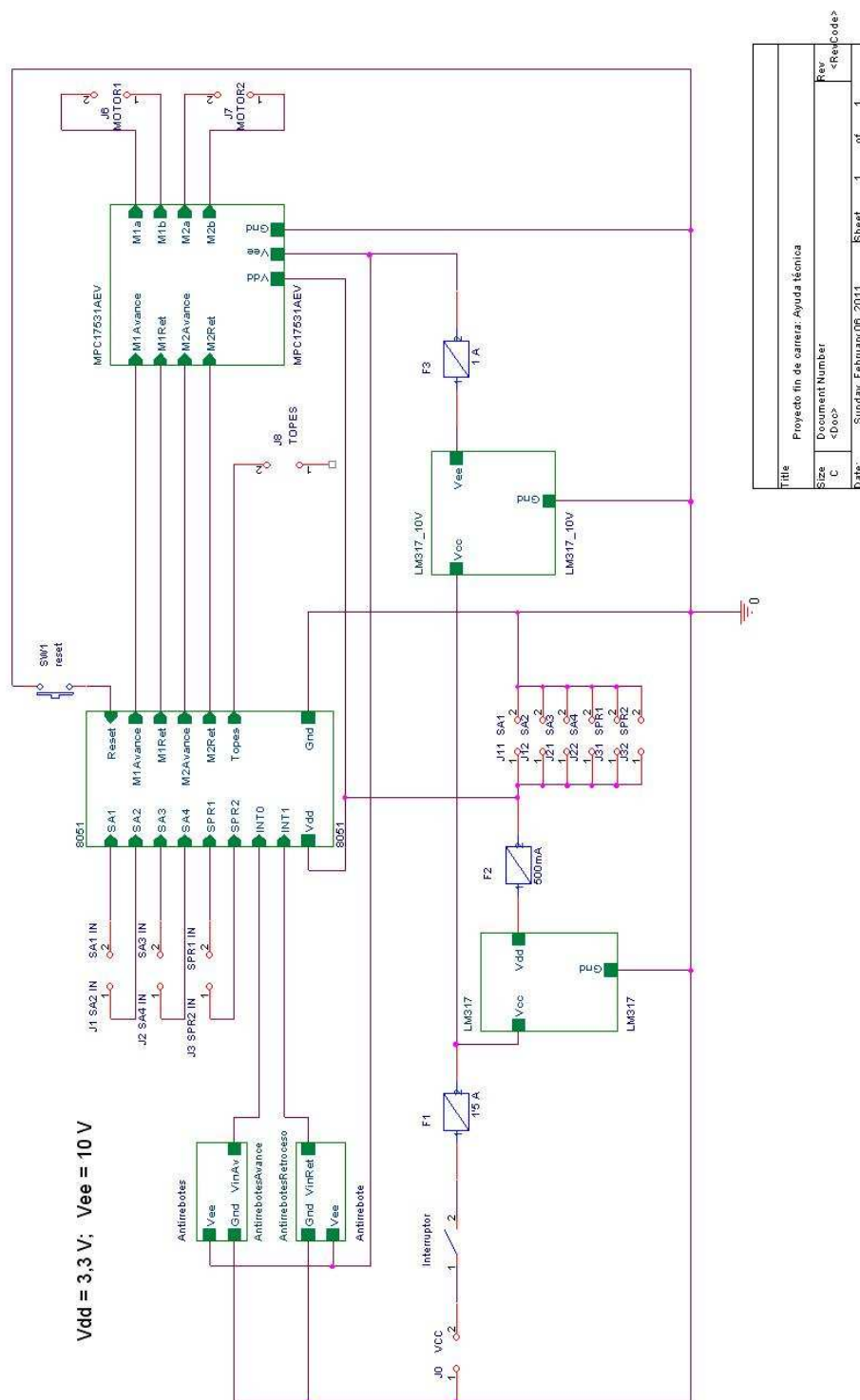


## ANEXO I. Planos

---

## Planos y esquemas electrónicos

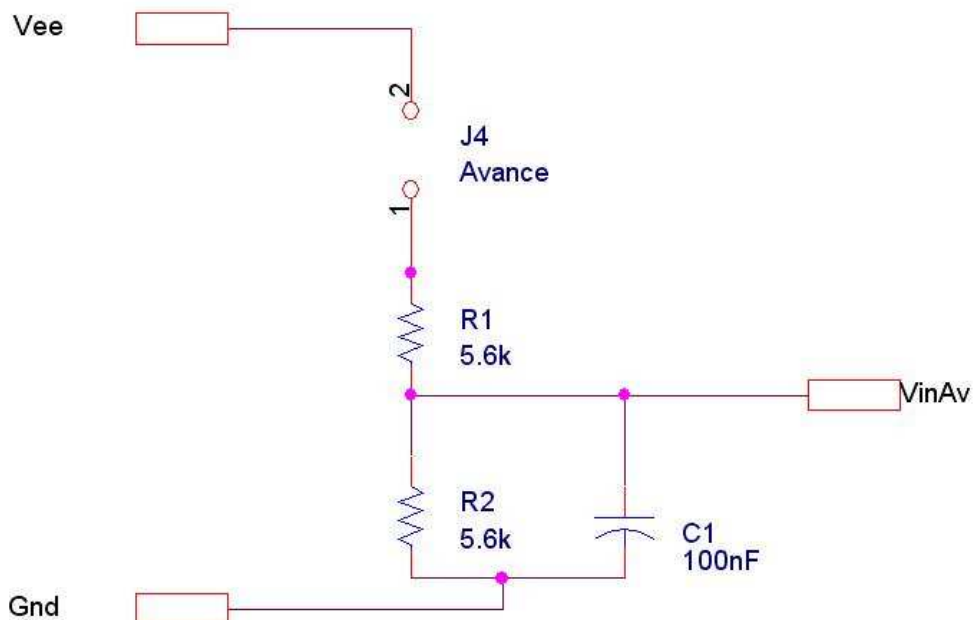
## Esquemático general



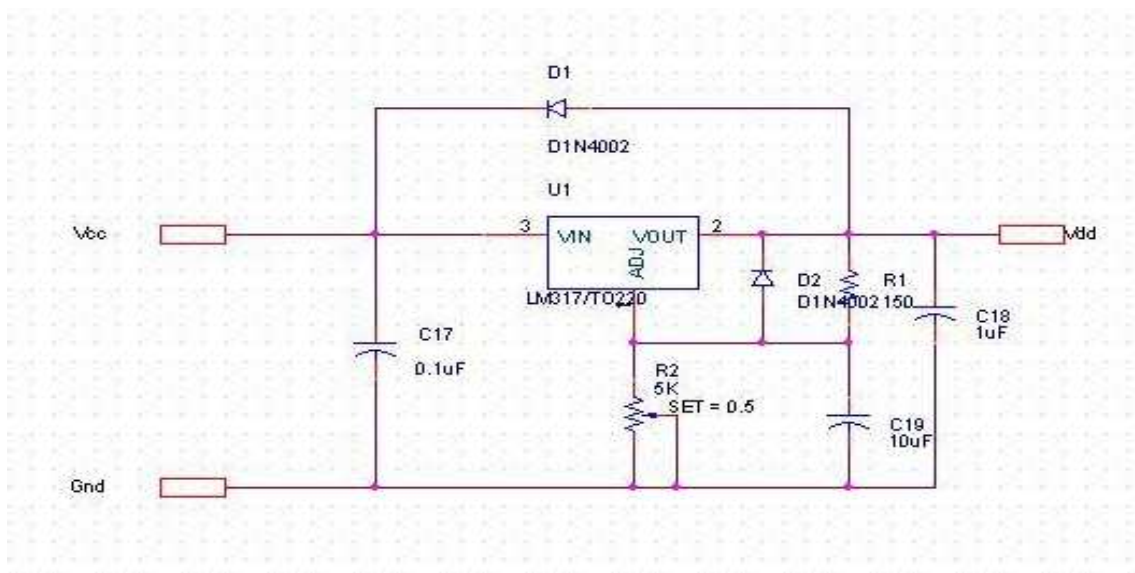




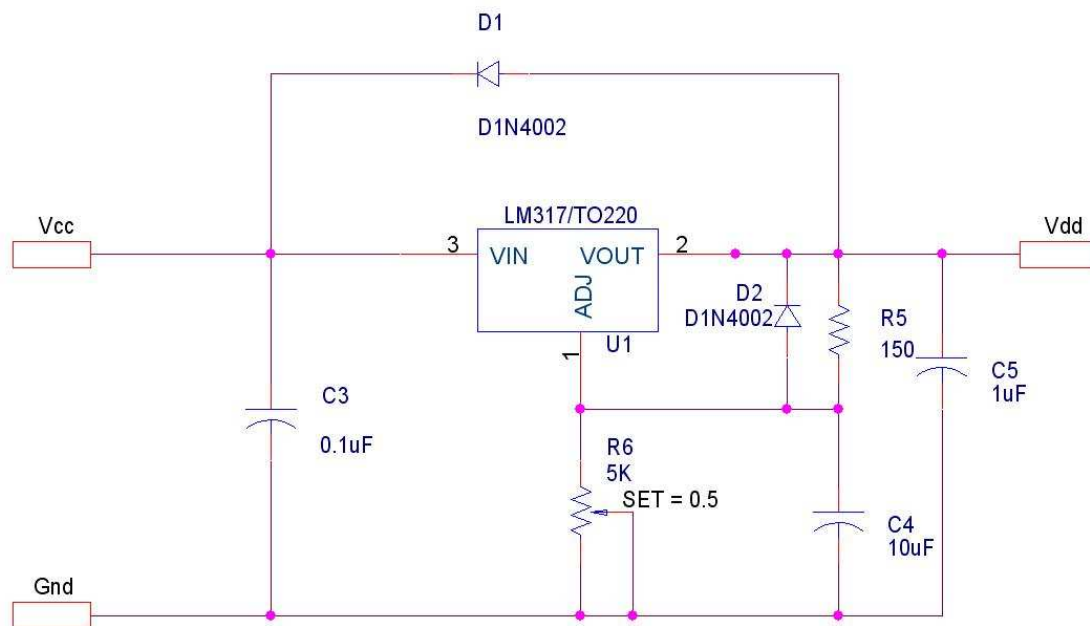
## Circuito antirrebote avance



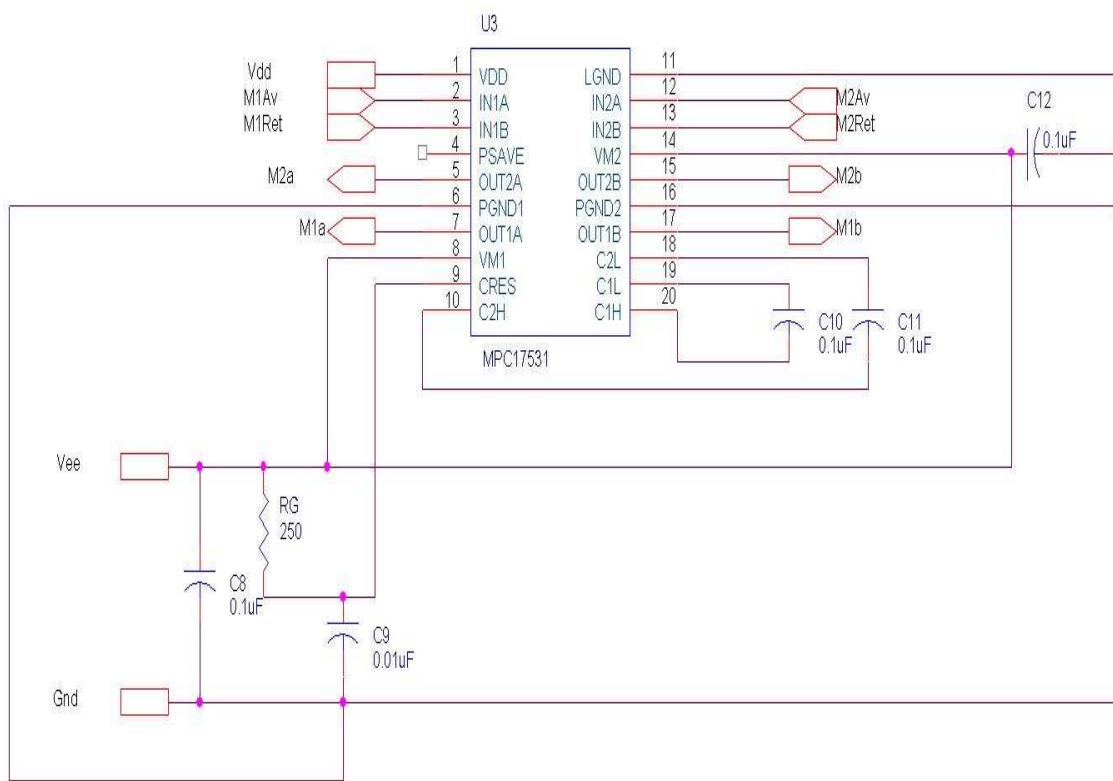
## Regulador de tensión (3'3V)



## Regulador de tensión (10V)

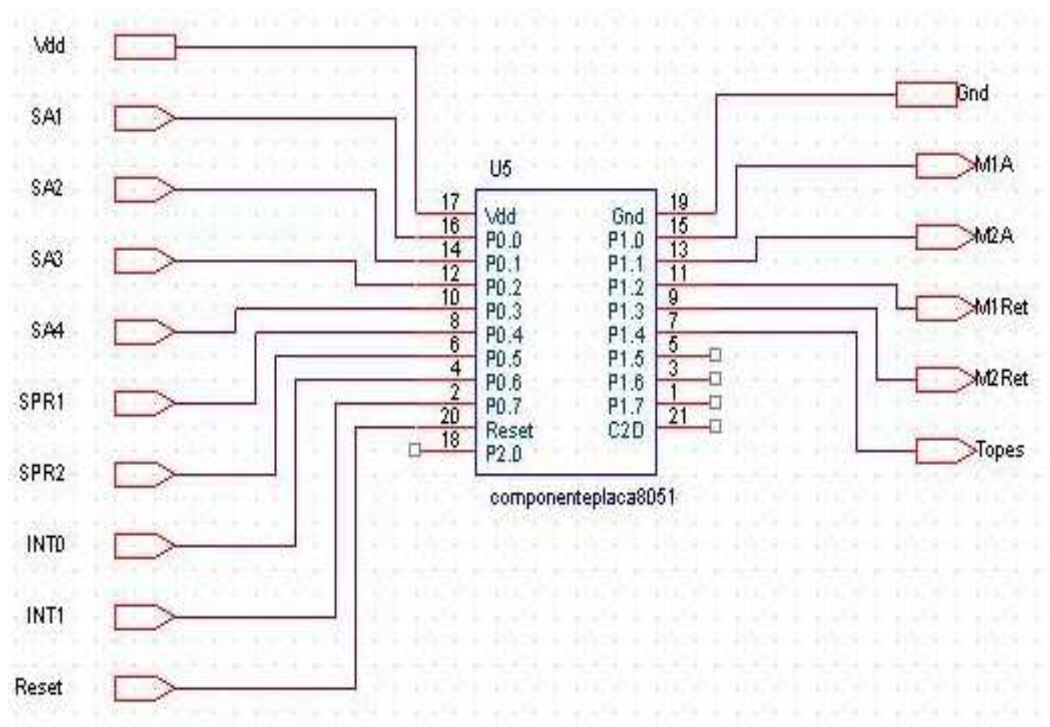


## Etapas de potencia y controlador de motores

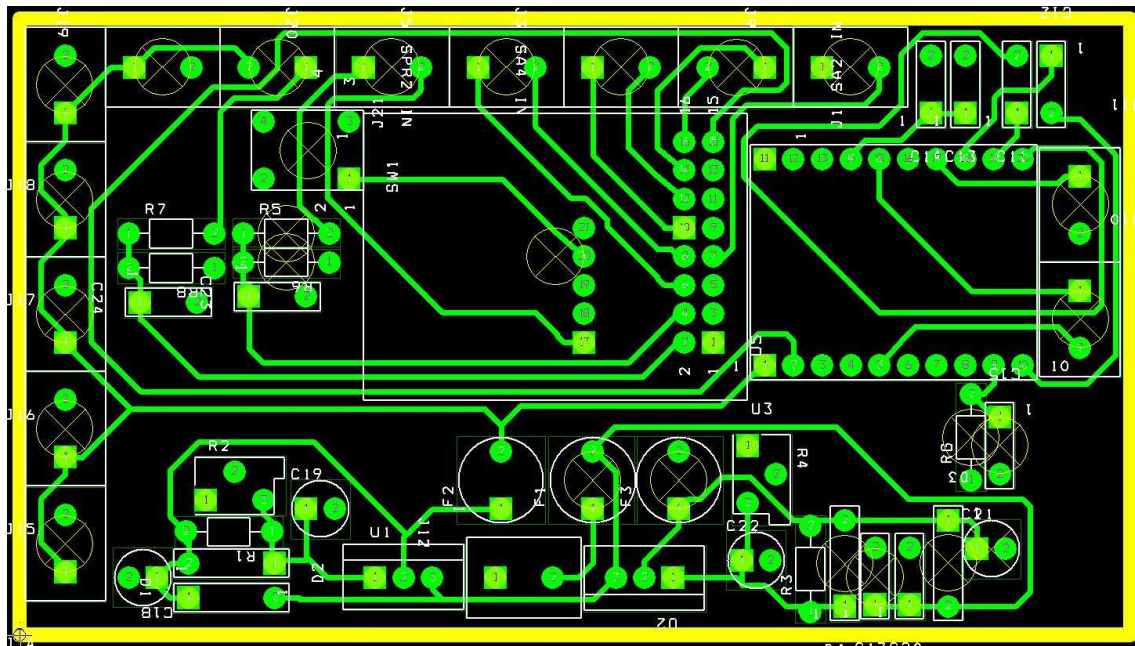




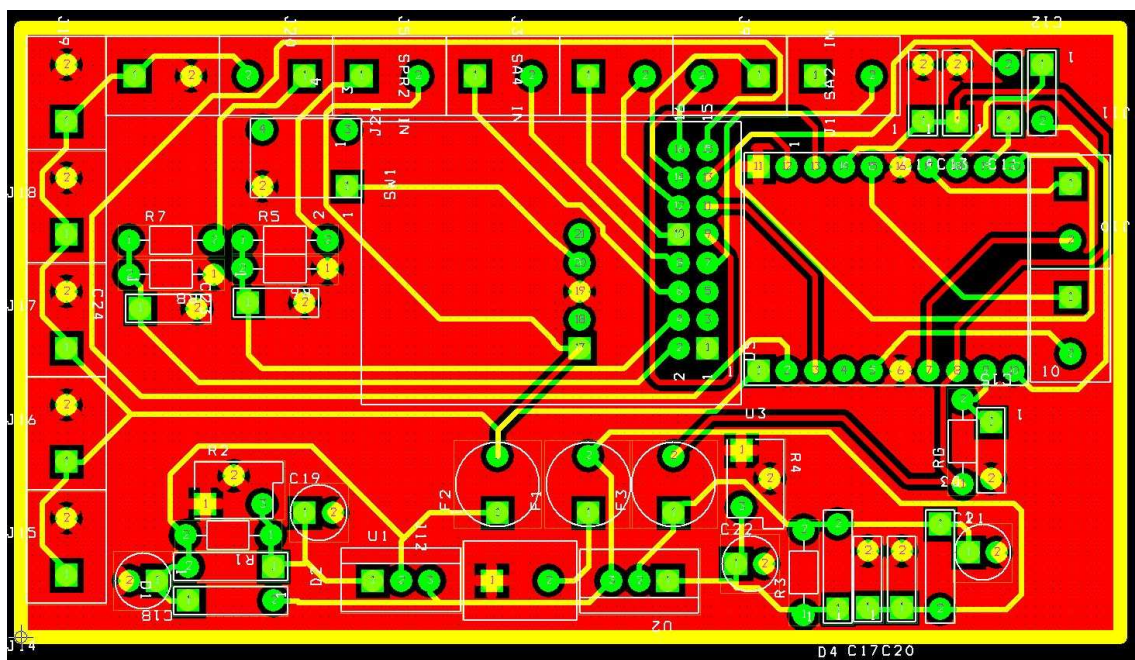
## Microcontrolador 8051



## Capa top



## Capa bottom





## **Planos de las piezas diseñadas**

**Anclaje tipo 1**

**Anclaje tipo 2**

**Eje tipo 1**

**Eje tipo 2**

**Escuadra tipo 1**

**Escuadra tipo 2**

**Escuadra tipo 3**

**Pieza A**

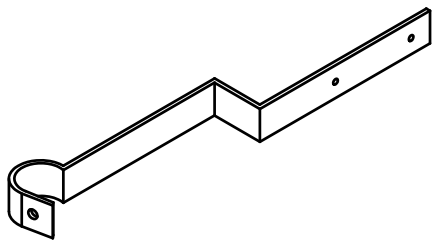
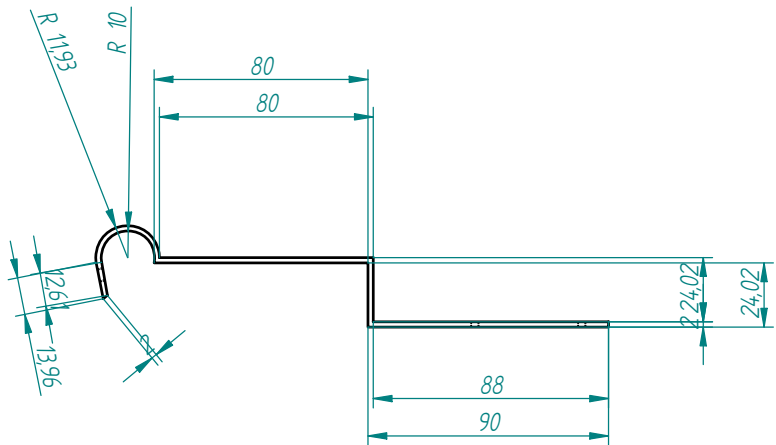
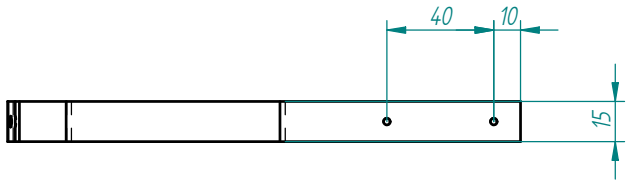
**Pieza B**

**Pieza C**

**Sujeción tipo 1**

**Sujeción móvil**

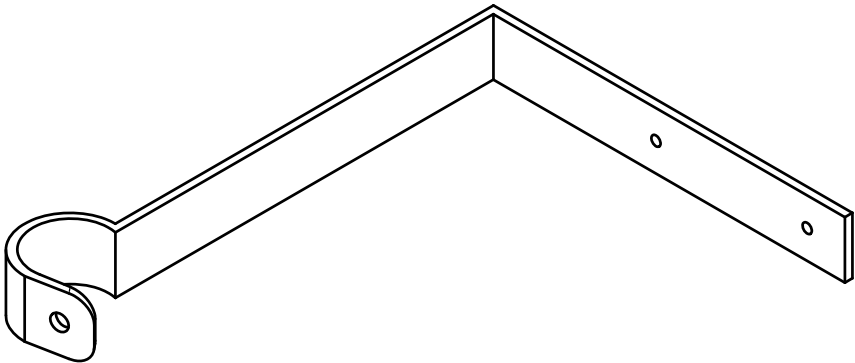
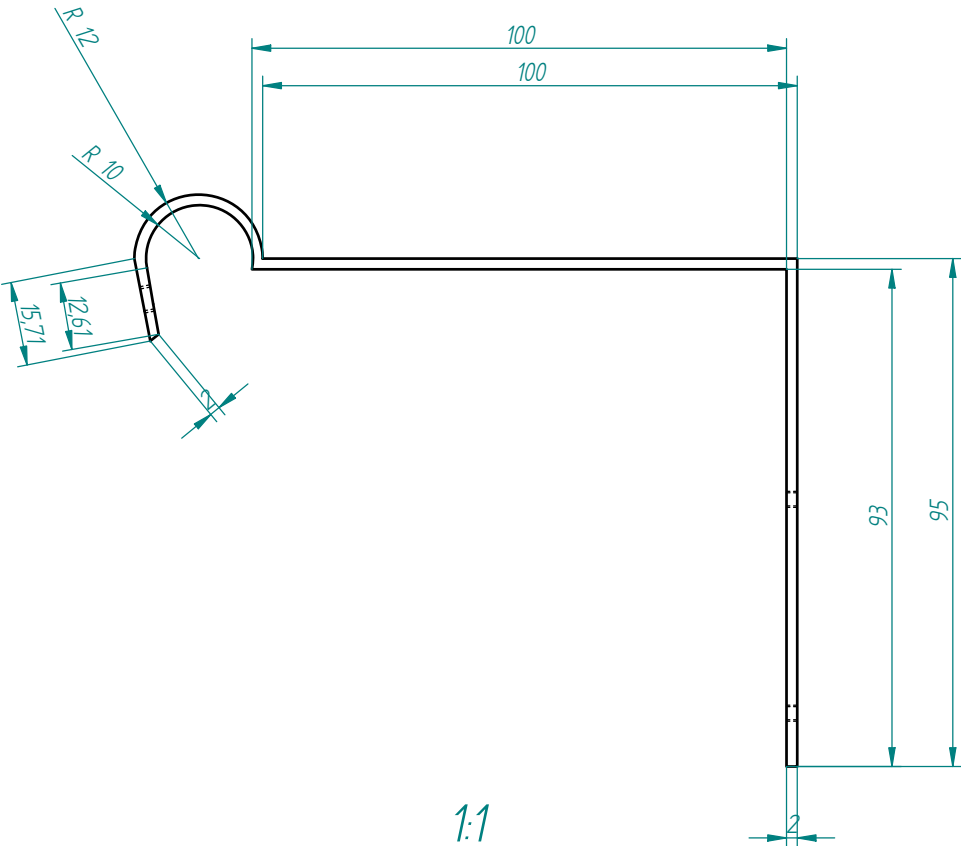
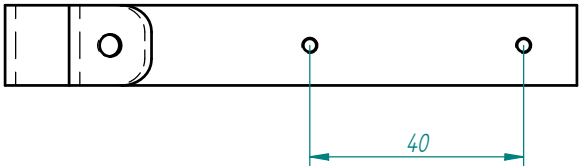
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



1:2

Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz		
Comprobado		Título	
Aprobado 1		Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (II): Dise	
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		A3	Plano
		Archivo: Anclaje.dft	
		Escala	Peso
		Hoja 1 de 1	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



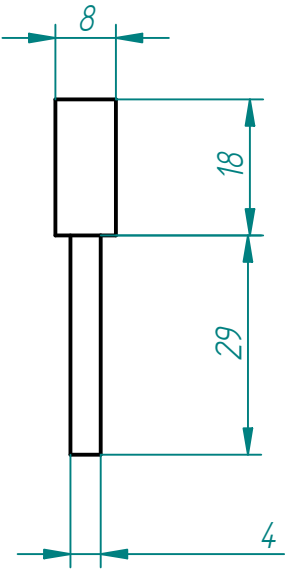
1:1

1:1

		Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz		15/06/11		
Comprobado				Título	
Aprobado 1				Archivo: Anclaje2.dft	
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°				A3	Plano
				Escala	
				Peso	Hoja 1 de 1

Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (II): Dise

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



1:1

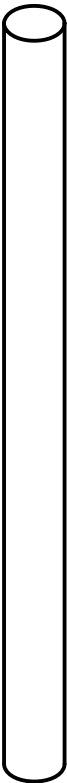
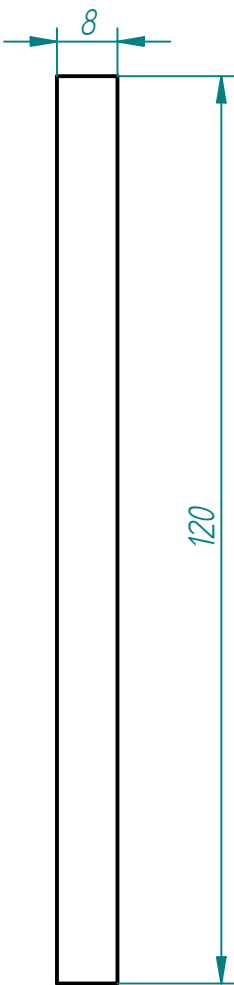


1:1

	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11		
Comprobado			<div>Título</div> <div>Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (I): Diseño</div>	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1º			A4	Plano
			Archivo: Eje1.dft	
			Escala	Peso
			Hoja 1 de 1	



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

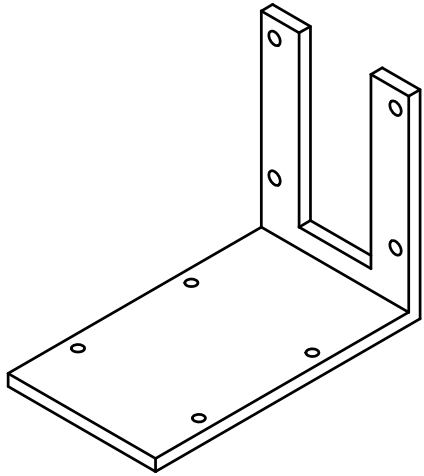
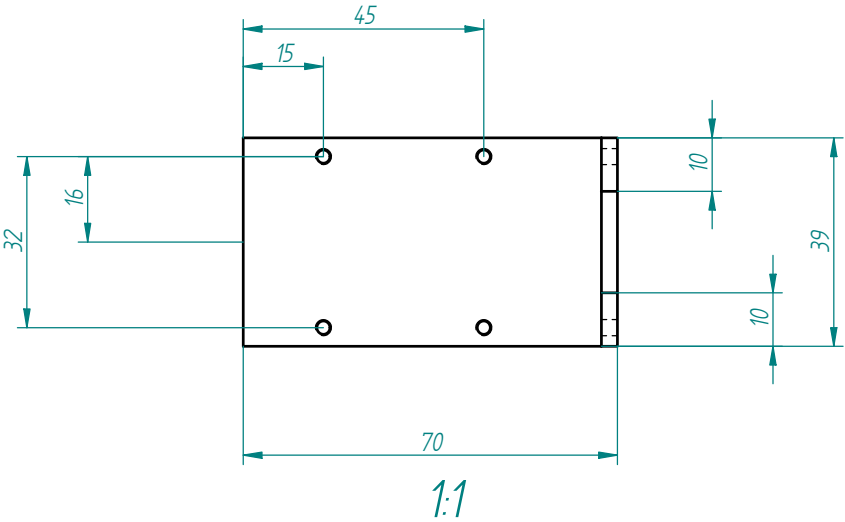
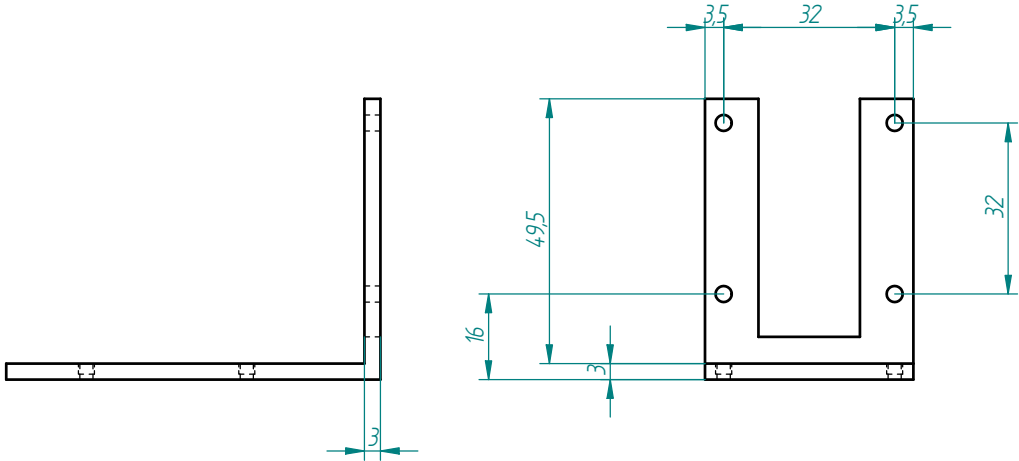


1:1

	Nombre	Fecha	<div> <div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div> </div>	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11		
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Título	
			A4	Plano
			Rev	
			Archivo: Eje2.dft	
			Escala	Peso
			Hoja 1 de 1	

Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (I): Dise

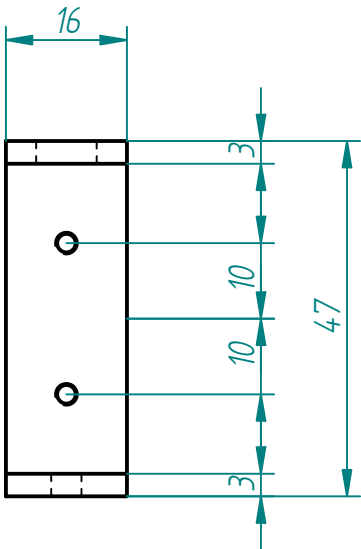
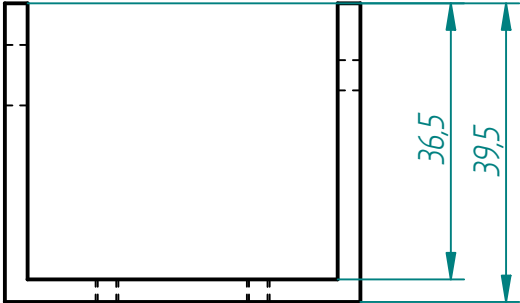
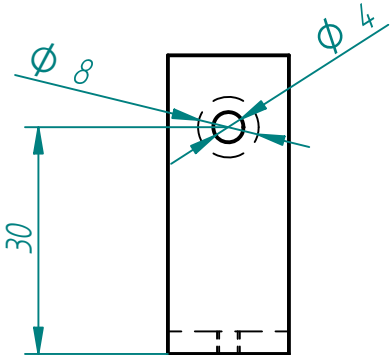
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



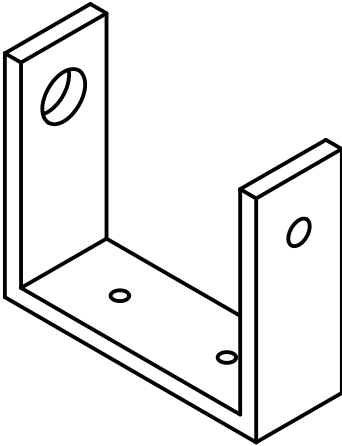
1:1

	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11			
Comprobado			Título Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas		
Aprobado 1					
Aprobado 2			A3PlanoRev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°					
			Archivo: Escuadra1.dft		
			Escala	Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



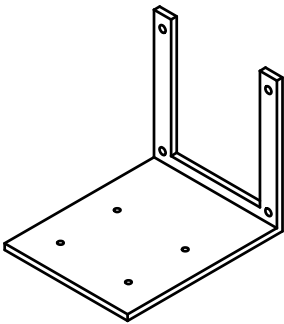
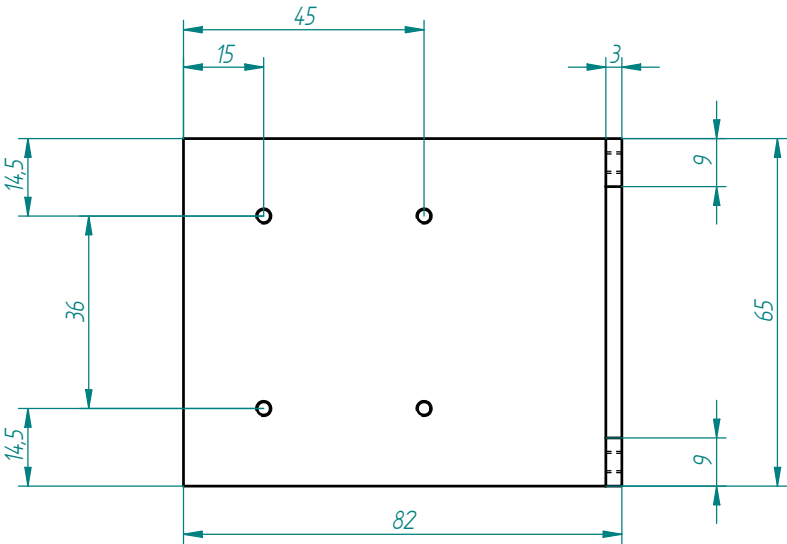
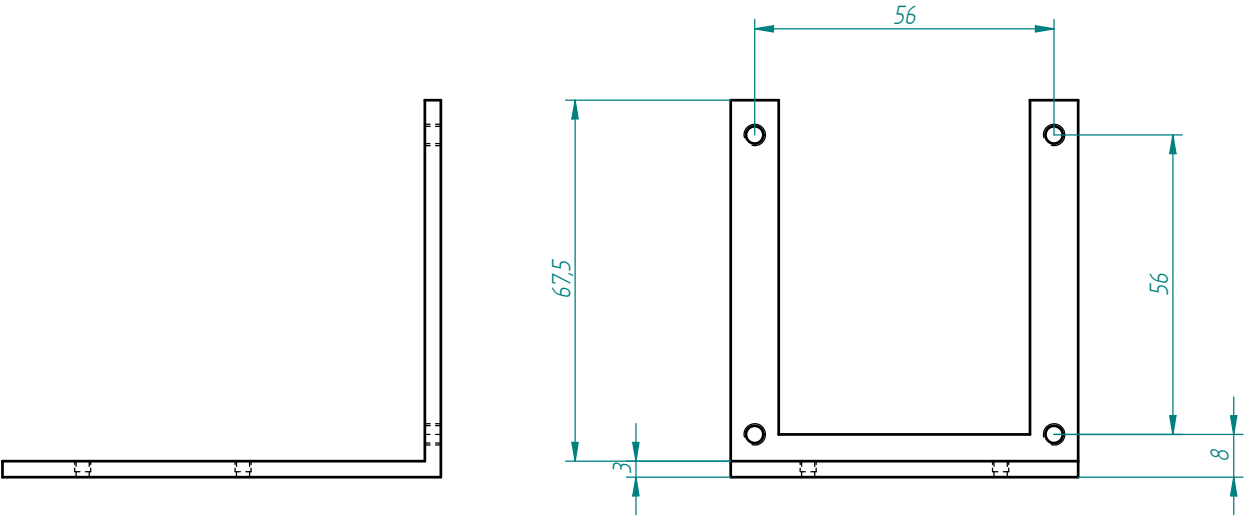
1:1



1:1

	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11		
Comprobado			<div>Título</div> <div>Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (I): Diseño</div>	
Aprobado 1				
Aprobado 2			<div>A4</div> <div>Plano</div> <div>Rev</div>	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			<div>Archivo: Escuadra2.dft</div>	
			<div>Escala</div>	<div>Peso</div> <div>Hoja 1 de 1</div>

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

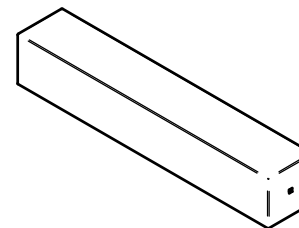
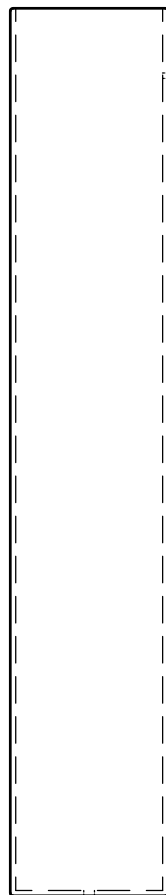
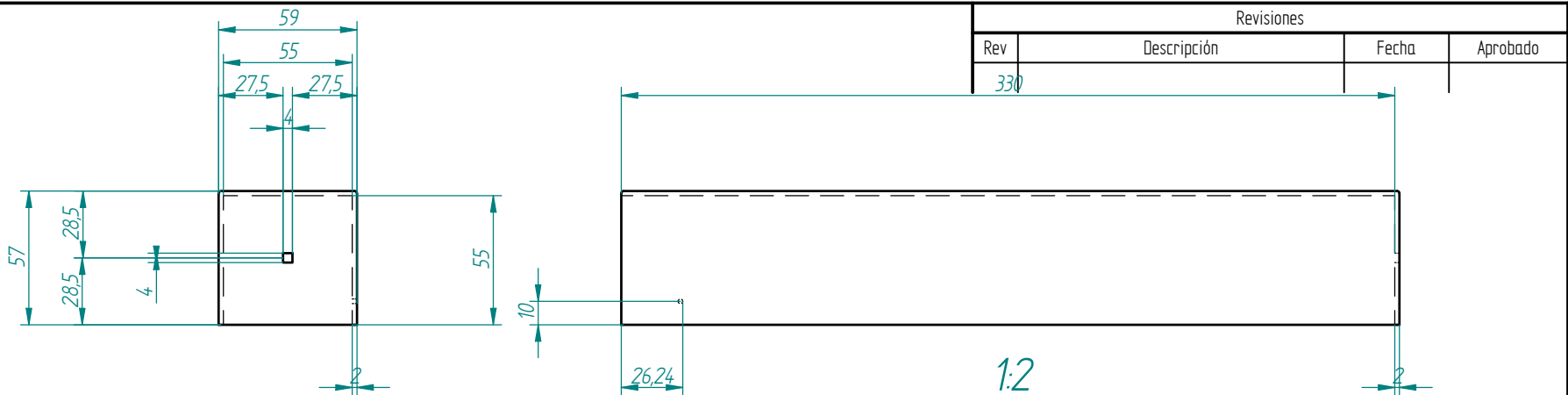


1:2

1:1

	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11			
Comprobado					
Aprobado 1			Título		
Aprobado 2			Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A3	Plano	Rev
			Archivo: Escuadra3.dft		
			Escala	Peso	Hoja 1 de 1

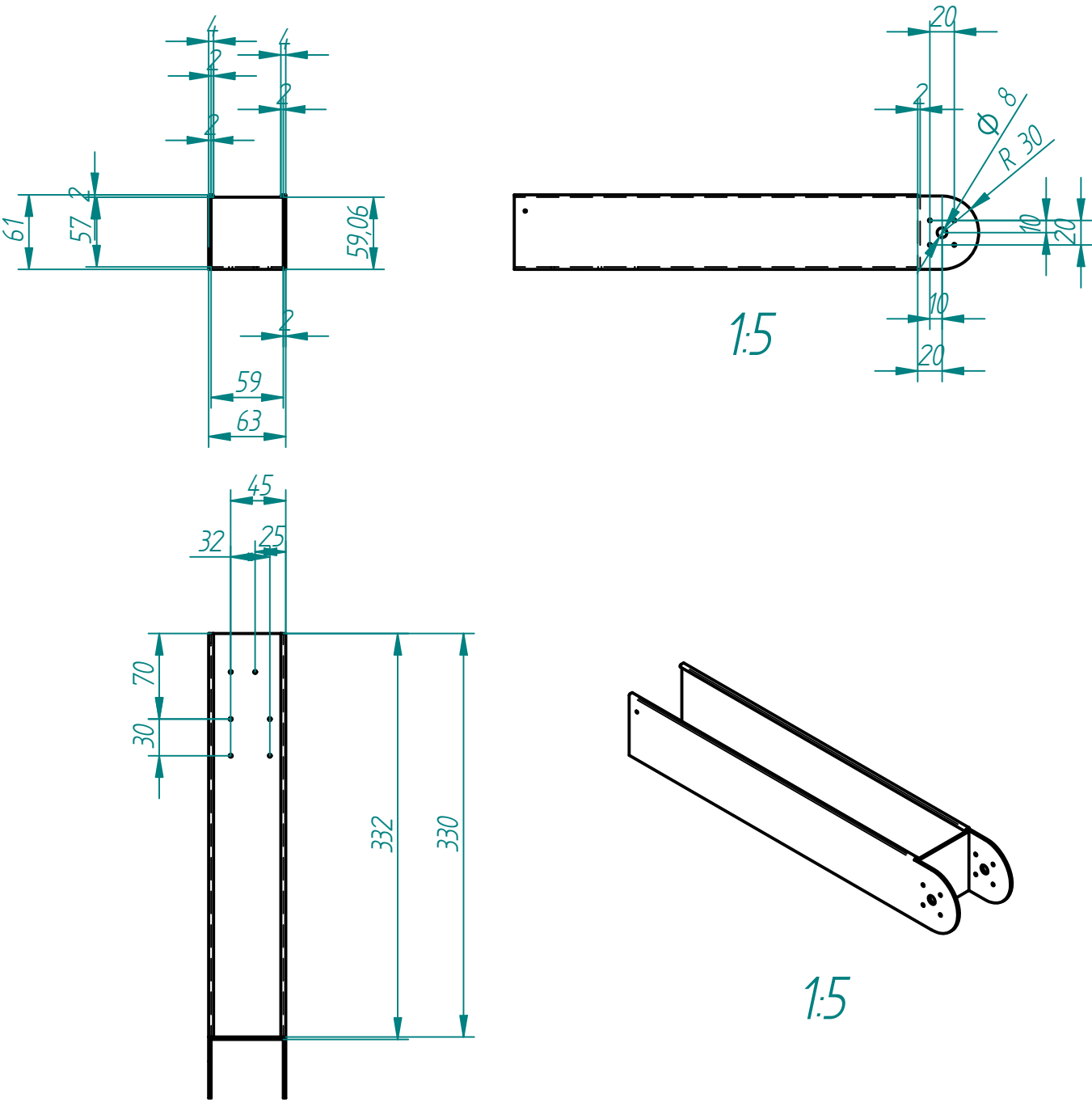
(II): Dise



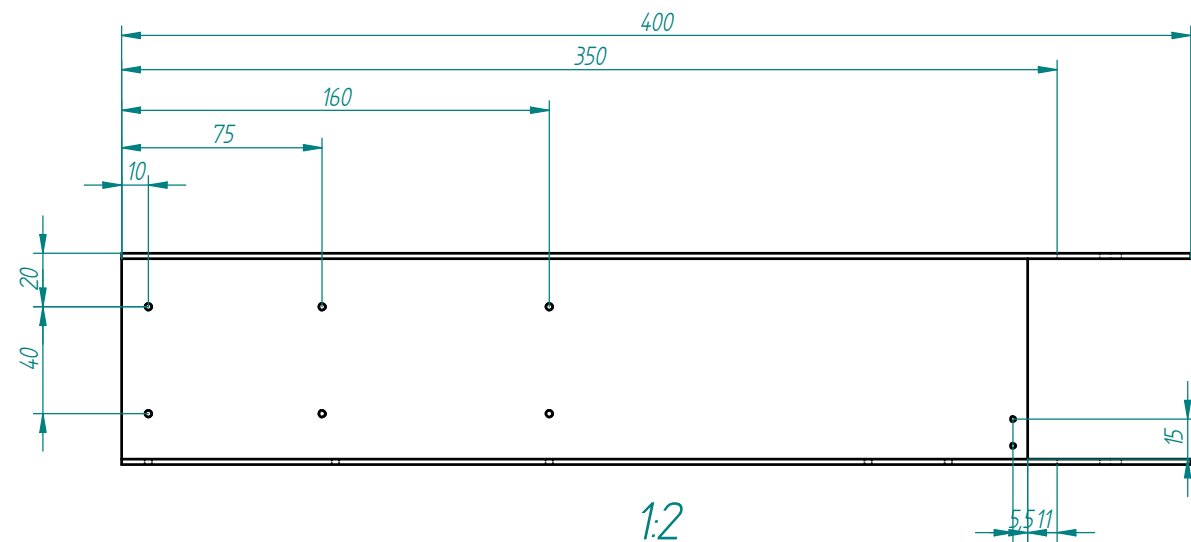
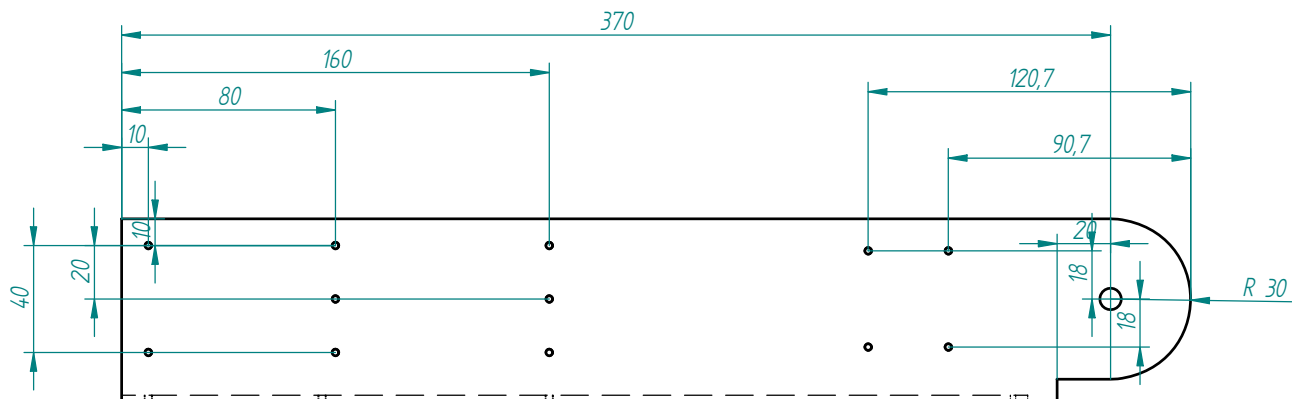
1:5

	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11			
Comprobado			Título Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas		
Aprobado 1					
Aprobado 2			Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		
			A3	Plano	Rev
			Archivo: PiezaA.dft		
			Escala	Peso	Hoja 1 de 1

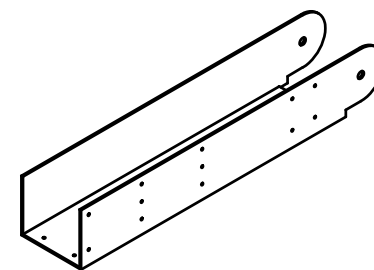
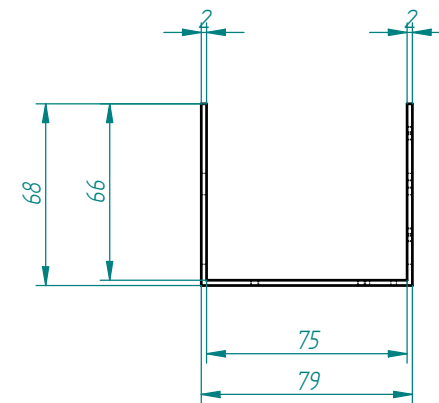
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz		
Comprobado		<div>Título</div> <div>Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (I): Diseño</div>	
Aprobado 1			
Aprobado 2		<div>A4</div> <div>Plano</div> <div>Rev</div>	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		<div>Archivo: PiezaB.dft</div>	
		<div>Escala</div>	<div>Peso</div> <div>Hoja 1 de 1</div>



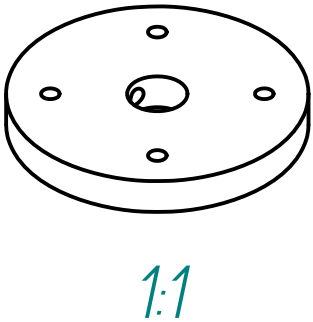
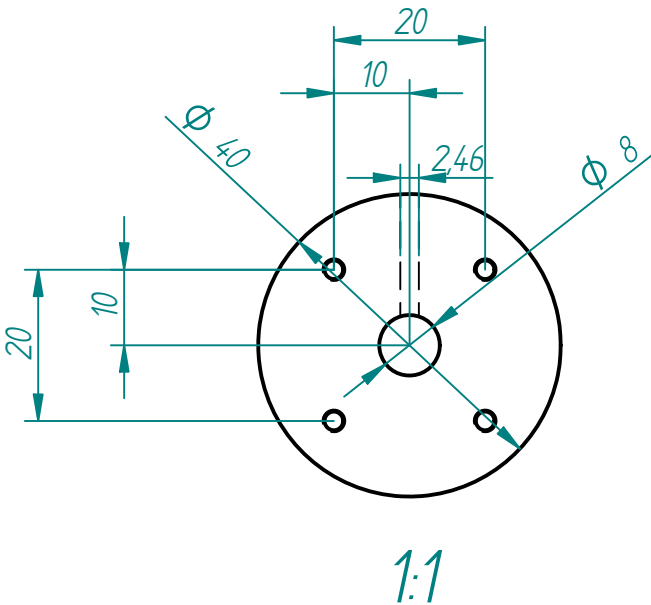
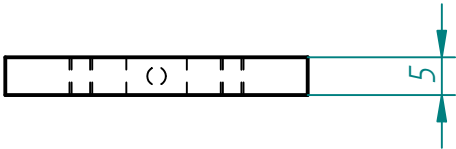
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



1:5

Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Lorenzo de la Cruz 15/06/11		
Comprobado		Título	
Aprobado 1		Brzo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas (II): Dise	
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		A3	Plano
		Archivo: PiezaC.dft	
		Escala	Peso
		Hoja 1 de 1	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Lorenzo de la Cruz	15/06/11			
Comprobado			Título		
Aprobado 1					
Aprobado 2			Brazo extensible para utilizar móviles o PDAs en silla de ruedas		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A4	Plano	Rev
			Archivo: Sujeccion1.dft		
			Escala	Peso	Hoja 1 de 1



